FIRJAN
CIRJ
SESI
SENAI
IEL

Elementos de Comandos Elétricos

versão preliminar

SENAI - RJ

FIRJAN
CIRJ
SESI
SENAI
IEL

Elementos de Comandos Elétricos

Rio de Janeiro
2003

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira
Presidente

Diretoria Corporativa Operacional
Augusto Cesar Franco de Alencar
Diretor

SENAI – Rio de Janeiro
Fernando Sampaio Alves Guimarães
Diretor Regional

Diretoria de Educação
Andréa Marinho de Souza Franco
Diretora

FIRJAN
CIRJ
SESI
SENAI
IEL

Elementos de Comandos Elétricos

SENAI - RJ

Elementos de comandos elétricos
2003
SENAI - Rio de Janeiro
Diretoria de Educação

FICHA TÉCNICA

Gerência de Educação Profissional - SENAI-RJ	***Luís Roberto Arruda***
Gerência de Produto	***Carlos Bernardo Ribeiro Schlaepfer***
Produção Editorial	***Vera Regina Costa Abreu***
Pesquisa de Conteúdo e Redação	***Antonio Gomes de Mello***
Revisão Pedagógica	***Izabel Maria de Freitas Sodré***
Revisão Gramatical e Editorial	***Izabel Maria de Freitas Sodré***
Revisão Técnica	***Antonio Gomes de Mello*** ***Angela Elizabeth Denecke***
Projeto Gráfico	***g-dés***
Diagramação	***Emerson Gonçalves***

Edição revista e ampliada do material
Elementos de Comandos elétricos

Material para fins didáticos
Propriedade do SENAI-RJ
Reprodução total ou parcial, sob expressa autorização

SENAI-RJ
GEP-Gerência de Educação Profissional

Rua Mariz e Barros, 678 – Tijuca
20270-903 – Rio de Janeiro-RJ
Tel.: (21) 2587-1116
Fax: (21) 2254-2884
GEP@rj.senai.br
www.rj.senai.br

sumário

Apresentação 23

Uma palavra inicial 25

Introdução 29

1 – Elementos de proteção: fusíveis 33

1.1 – Conceito 33

1.2 – Elementos constituintes 33

1.2.1 – Contatos 33

1.2.2 – Corpo isolante 34

1.2.3 – Elo de fusão 34

1.3 – Classificação dos fusíveis quanto ao tipo de ação 36

1.3.1 – Fusíveis de ação rápida ou normal 36

1.3.2 – Fusíveis de ação ultra-rápida 36

1.3.3 – Fusíveis de ação retardada 37

1.4 – Características 37

1.4.1 – Corrente nominal 37

1.4.2 – Tensão nominal 38

1.4.3 – Capacidade de ruptura 39

1.5 – Simbologia 40

1.6 – Tipos 41

1.6.1 – Fusível-cartucho 41

1.6.1.1 – Fusível-cartucho com corpo isolante de papelão 41

1.6.1.2 – Fusível-cartucho com corpo isolante de fibra 42

1.6.1.3 – Fusível- cartucho com corpo isolante de cerâmica 42

1.6.1.4 – Fusível-cartucho com corpo isolante de vidro 43

1.6.2 – Fusível diazed, silized e neozed 44

1.6.2.1 – Fusíveis diazed 44

1.6.2.2 – Fusíveis silized 45

1.6.2.3 – Fusíveis neozed 45

1.6.3 – Fusíveis NH 45

1.7 – Bases para fusíveis 46

1.7.1 – Base para fusível-cartucho 46
1.7.1.1 – Base para fusível-cartucho com corpo isolante de vidro 47
1.7.2 – Base para fusíveis diazed, silized e neozed 48
1.7.2.1 – Base. 48
1.7.2.2 – Parafuso de ajuste 48
1.7.2.3 – Anel de proteção 48
1.7.2.4 – Tampa 49
1.7.3 – Base para fusível NH 49
1.8 – Resistência de contato 49
1.9 – Funcionamento elétrico 50
1.10 – Funcionamento mecânico 50
1.11 – Condições de funcionamento elétrico e mecânico 50
1.11.1 – Fusíveis-cartucho 50
1.11.1.1 – Condições de funcionamento elétrico 50
1.11.1.2 – Condições de funcionamento mecânico 51
1.11.2 – Fusíveis diazed, silized e neozed 51
1.11.2.1 – Condições de funcionamento elétrico 51
1.11.2.2 – Condições de funcionamento mecânico 51
1.11.3 – Fusíveis NH 52
1.11.3.1 – Condições de funcionamento elétrico 52
1.11.3.2 – Condições de funcionamento mecânico 52
1.12 – Defeitos no funcionamento das bases e fusíveis 52
1.12.1 – Defeitos quanto à continuidade 53
1.12.1.1 – Base quebrada ou trincada 53
1.12.1.2 – Garras ou mandíbulas das bases oxidadas, sujas de óleo ou "relaxadas"(sem pressão) 53
1.12.1.3 – Mola da garra quebrada ou fora da posição 53
1.12.1.4 – Borne com a rosca espanada (danificada) 53
1.12.1.5 – Parafuso do borne com a rosca espanada ou com a fenda danificada 53
1.12.1.6 – Anel de proteção quebrado 54
1.12.1.7 – Parafuso de ajuste quebrado ou frouxo 54
1.12.1.8 – Tampa com a rosca espanada, frouxa (desapertada) ou amassada 54
1.12.1.9 – Base com a rosca espanada ou amassada 54
APLICAÇÃO 54
1.12.2 – Defeitos quanto à corrente nominal 55
1.12.2.1 – Fusíveis com valor de corrente nominal menor do que o previsto no esquema da máquina. 55

1.12.2.2 – Fusíveis com valor de corrente nominal maior do que o previsto no esquema da máquina. 55
1.12.3 – Defeitos quanto à ação do elo de fusão 55
1.12.3.1 – Fusíveis de ação rápida ou ultra-rápida, colocados em circuitos indutivos 55
1.12.3.2 – Fusíveis de ação retardada, colocados em circuitos resistivos . 55
1.13 – Manutenção das bases e fusíveis-cartucho, silized, neozed e NH 56
1.13.1 – Manutenção quanto à continuidade nas bases e fusíveis--cartucho e NH 56
1.13.1.1 – O possível defeito 56
1.13.1.2 – Localização do defeito. 56
1.13.1.3 – Correção do defeito 58
1.13.2 – Manutenção quanto à continuidade nas bases e fusíveis diazed, silized e neozed 58
1.13.2.1 – O possível defeito 58
1.13.2.2 – Localização do defeito. 59

2 – Chaves seccionadoras 63
2.1 – Conceito 63
2.2 – Tipos 64
2.2.1 – Quanto ao número de elementos 64
2.2.1.1 – Monopolares 64
2.2.1.2 – Bipolares 64
2.2.1.3 – Tripolares 64
2.2.2 – Quanto ao tipo de abertura. 65
2.2.2.1 – Chave(s) seccionadora(s) de abertura sem carga 65
2.2.2.2 – Chaves seccionadoras de abertura sob carga 66
2.3 – Câmara de extinção do arco elétrico 66
2.3.1 – Conceito 66
2.3.2 – Tipos 67
2.3.2.1 – Câmara de cerâmica 67
2.3.2.2 – Câmara com lâminas 67
2.3.2.3 – Câmara com dispositivo para prolongamento do arco 68
2.4 – Características da interrupção rápida da chave seccionadora de abertura sob carga 68
2.4.1 – Importância dos contatos auxiliares 69
2.5 – Características das chaves seccionadoras de abertura sem carga. 69

2.6 – Características das chaves seccionadoras de abertura sob carga 70
2.7 – Características elétricas das chaves seccionadoras 71
2.7.1 – Corrente nominal 71
2.7.2 –Tensão nominal 71
2.7.3 – Corrente máxima de abertura 71
2.7.4 – Freqüência nominal 72
2.8 – Representação das chaves seccionadoras nos esquemas elétricos 72
2.9 – Chave tipo pacco 74
2.10 – Chave seccionadora fusível 75
2.10.1 – Tipos 76
2.10.1.1 – Chave seccionadora NH 76
2.10.1.2 – Chave seccionadora para fusíveis-cartucho. 76
2.11 – Chave seccionadora para painel sob carga 77
2.11.1 – Chave seccionadora de acionamento giratório sob carga 78
2.11.2 – Chave seccionadora de acionamento linear sob carga 78
2.12 – Funcionamento das chaves seccionadoras 79
2.12.1 – Funcionamento da chave seccionadora de abertura sem carga . . . 79
2.12.2 – Funcionamento da chave seccionadora de abertura sob carga . . . 79
2.13 – Símbolos qualificativos de contatos, conforme a NBR 12523/1992 80

3 – Redes e ramais trifásicos 89
3.1 – Conceito 89
3.1.1 – Rede trifásica. 89
3.1.2 – Ramal trifásico 89
3.2 – Características das redes e ramais trifásicos. 90
3.2.1 – Quanto ao número de fases - (que a rede e o ramal transportam) . . 90
3.2.2 – Quanto à tensão nominal. 91
3.2.3 – Quanto à freqüência 92
3.2.4 – Quanto à bitola dos condutores 93
3.3 – Representação simbólica das características de uma rede trifásica com neutro 93
3.4 – Esquema multifilar e unifilar de redes e ramais trifásicos . 94
3.4.1 – Esquema multifilar de rede trifásica 94
3.4.2 – Esquema multifilar de ramal trifásico. 95
APLICAÇÃO 96
3.4.3 – Esquema unifilar de rede trifásica 97

3.4.4 – Esquema unifilar de ramal trifásico 97
APLICAÇÃO 98

4 – Chave de partida direta de comando manual tripolar 103

4.1 – Conceito 103
4.2 – Elementos básicos das chaves tripolares 104
4.2.1 – Contatos das chaves 104
4.2.1.1 – Contatos fixos 104
4.2.1.2 – Contatos móveis 104
4.2.2 – Bornes para conexão 105
4.2.3 – Eixo e punho de acionamento (manípulo) 106
4.2.4 – Blindagem metálica 106
4.2.5 – Dispositivo de abertura rápida 107
4.2.6 – Corpo isolante 108
4.3 – Características 108
4.3.1 – Corrente nominal 108
4.3.2 – Tensão nominal 108
APLICAÇÃO 110
4.4 – Tipos de chave de partida direta 113
4.4.1 – De comando manual tripolar, por botões 113
4.4.2 – De alavanca tipo HH 114
4.4.3 – De comando manual rotativo com alavanca ou knob 114
4.5 – Descrição do funcionamento 115
4.5.1 – Etapas 116
4.5.1.1 – 1ª etapa – posição (0 ou D) desligada 116
4.5.1.2 – 2ª etapa – no instante em que se liga a chave 116
4.5.1.3 – 3ª etapa – posição (1 ou L) ligada 117
4.5.1.4 – 4ª etapa – no instante em que se desliga a chave 117
4.5.2 – Esquema do funcionamento 117
4.5.3 – Condições de funcionamento das chaves de partida direta de comando manual tripolar 119
4.5.3.1 – Condições de funcionamento elétrico 119
4.5.3.2 – Condições de funcionamento mecânico do dispositivo de abertura rápida 120
4.6 – Diagrama elétrico de funcionamento da chave reversora 120
4.6.1 – 1ª. etapa – acionamento da chave seccionadora do ramal trifásico 121
4.6.2 – 2ª. etapa – acionamento da chave reversora na posição ligada à esquerda 121

4.6.3 – 3ª etapa – acionamento da chave reversora na posição ligada à direita 122

5 – Motores elétricos 125

5.1 – Conceito 125
5.2 – Constituição e funcionamento 125
5.3 – Tipos 126
5.3.1 – Motor de indução trifásico ou assíncrono trifásico 126
5.3.1.1 – Conceito 126
5.3.1.2 – Partes constituintes 126
APLICAÇÃO 130
5.3.1.3 – Tipos de motor de indução trifásico 130
5.3.1.4 – Características nominais do motor de indução trifásico 140
APLICAÇÃO 144
APLICAÇÃO 148

6 – Componentes elétricos para acionamento de circuitos elétricos 159

6.1 – Relé térmico de sobrecarga 159
6.1.1 – Conceito 159
6.1.2 – Constituição 159
6.1.2.1 – Elemento bimetálico 160
6.1.2.2 – Interruptor 160
6.2 – Botoeira 162
6.2.1 – Conceito 162
6.2.2 – Constituição 162
6.2.2.1 – Blocos de contato 162
6.2.2.2 – Botão 163
6.2.3 – Montagem 164
6.3 – Contator 165
6.3.1 – Conceito 165
6.3.2 – Constituição 165
6.3.2.1 – Carcaça 166
6.3.2.2 – Bobina 166
6.3.2.3 – Núcleo magnético 166
6.3.2.4 – Jogo de contatos 166
6.3.3 – Modelos 167
6.3.3.1 – Contatores de potência 167
6.3.3.2 – Contatores auxiliares 169

7 – Botões de comando elétrico 173

7.1 – Conceito 173

7.2 – Classificação 173

7.2.1 – Botões de comando de impulsão (pressão) 174

7.2.2 – Botões de comando de comutação 174

7.3 – Elementos básicos 175

7.3.1 – Cabeçote de comando 175

7.3.2 – Corpo isolante 176

7.3.3 – Contatos 176

7.3.4 – Bornes para conexões 177

7.3.5 – Plaqueta 177

7.4 – Botoeiras 178

7.5 – Identificação 178

7.5.1 – Código de cores 178

7.5.2 – Símbolos 179

7.5.3 – Botões luminosos 180

7.6 – Acionamento dos botões de comando elétrico 180

7.6.1 – Formas de acionamento dos botões de comando elétrico 181

7.7 – Características elétricas relativas à corrente nominal e tensão nominal 182

7.7.1 – Corrente nominal 182

7.7.2 – Tensão nominal. 182

7.8 – Representação dos botões de comando elétrico nos esquemas elétricos 183

7.9 – Sinalização 186

7.9.1 – Sinalização sonora 186

7.9.2 – Sinalização visual 187

7.9.3 – Simbologia 188

APLICAÇÃO 188

8 – Transformador (Trafo) 193

8.1 – Conceito geral 193

8.2 – Constituição. 194

8.2.1 – Conectores ou régua de bornes 194

8.2.2 – Suporte de união das lâminas 195

8.2.3 – Suporte de fixação 195

8.2.4 – Núcleo 195

8.2.5 – Bobina 196

8.2.6 – Carretel ou molde 197
8.2.7 – Placa de identificação 198
8.3 – Tipos de transformadores. 198
8.4 – Transformadores para circuito de comando 198
8.4.1 – Conceito 198
8.4.2 – Características 199
8.4.2.1 – Potência nominal 199
8.4.2.2 – Tensão nominal 200
8.5 – Transformadores de corrente 200
8.5.1 – Conceito 200
8.5.2 – Características 201
8.5.2.1 – Corrente primária 202
8.5.2.2 – Fator térmico nominal 202
8.5.2.3 – Limite de corrente de curta duração para efeito térmico 202
8.5.2.4 – Limite de corrente de curta duração para efeito mecânico . . . 203
8.5.2.5 – Relação de transformação 203
8.5.2.6 – Classe de tensão de isolamento 203
8.5.2.7 – Classe de exatidão 204
8.6 – Transformadores de potencial 204
8.6.1 – Conceito 204
8.6.2 – Características 205
8.7 – Autotransformadores (autotrafos). 206
8.7.1 – Conceito 206
8.7.2 – Características 207
8.7.2.1 – Potência no secundário 207
8.7.2.2 – Tensão no primário 208
8.7.2.3 – Tensão no secundário 208
8.7.2.4 – Taps 208
8.8 – Representação dos transformadores nos esquemas elétricos 208
8.8.1 – Transformador para circuito de comando 208
8.8.1.1 – Símbolo geral segundo a ABNT 209
8.8.1.2 – Símbolo para várias tensões de saídas e entradas. 209
8.8.2 – Transfomador de corrente: símbolo geral 210
8.8.3 – Transformador de potencial : símbolo geral 210
8.8.4 – Autotransformadores (autotrafos) 211
8.8.4.1 – Símbolo geral 211
8.9 – Funcionamento dos diferentes tipos de transformadores 213

8.9.1 – Transformador para circuito de comando 214
8.9.2 – Transformador de corrente 218
8.9.3 – Tranformador de potencial 219
8.9.4 – Autotransformador 219

9 – Relés de tempo 223
9.1 – Conceito 223
9.2 – Tipos 223
9.2.1 – Relé de tempo eletromecânico 224
9.2.2 – Relé de tempo pneumático 224
9.2.3 – Relé de tempo eletrônico 225
9.3 – Estrutura: componentes básicos 225
9.3.1 – Contatos fixos 226
9.3.2 – Contatos móveis 226
9.3.3 – Escala de ajuste 226
9.3.4 – Knob de ajuste de tempo 226
9.3.5 – Corpo isolante 226
9.3.6 – Bornes para conexões 227
9.4 – Componentes específicos do relé de tempo bimetálico . 227
9.4.1 – Lingüeta de acionamento 227
9.4.2 – Elementos bimetálicos 228
9.4.3 – Mecanismo de ajuste 228
9.5 – Componentes específicos do relé de tempo eletromecânico 228
9.5.1 – Motor 228
9.5.2 – Mecanismo de ajuste de tempo 229
9.5.3 – Mecanismo de acionamento 229
9.5.4 – Microinterruptor 229
9.6 – Componentes específicos do relé de tempo pneumático . 229
9.6.1 – Elemento de comando (bobina) 230
9.6.2 – Mecanismo de ajuste de tempo 230
9.6.3 – Mecanismo de acionamento 230
9.6.4 – Diafragma 230
9.6.5 – Microinterruptor 231
9.7 – Etapas de funcionamento através da simbologia 231
9.7.1 – Relés de tempo com retardo para operar 231
9.7.1.1 – 1ª etapa – relé de tempo com retardo para operar, na posição desligado ou em repouso 232

9.7.1.2 – 2ª etapa – relé de tempo com retardo para operar, na posição ligado ou em funcionamento 232
9.7.1.3 – 3ª etapa – relé de tempo com retardo para operar, no instante em que se desliga 233
9.7.2 – Relés de tempo com retardo para voltar ao repouso 233
9.7.2.1 – 1ª etapa – na posição desligado ou em repouso 234
9.7.2.2 – 2ª etapa – na posição ligado ou em funcionamento 234
9.7.2.3 – 3ª etapa – no instante em que se desliga. 234
9.7.3.– Diagramas de circuito elétrico de comando e principal 234
9.7.3.1 – Funcionamento do relé de tempo com retardo para operar . . 235
9.7.3.2 – Funcionamento do relé de tempo com retardo para voltar ao repouso 242

10 – Chave magnética 253
10.1 – Componentes 253
10.1.1 – Temporizadores eletrônicos. 253
10.1.2 – Contatores com alimentação em CC 254
10.1.3 – Barramentos 255
APLICAÇÃO 258
10.2 – Representações em esquemas 258
10.2.1 – Esquema funcional do circuito de força da chave magnética com reversão para comando de motor trifásico de rotor bobinado com aceleração rotórica. 259
10.2.1.1 – Seqüência operacional do circuito de força 259
10.2.2 – Esquema funcional do circuito de comando da chave magnética com reversão para comando de motor trifásico de rotor bobinado, com aceleração rotórica 260
10.2.2.1 – Seqüência operacional do circuito de comando. 260

11– Chaves auxiliares tipo fim de curso de comando elétrico. 265
11.1 – Conceito 265
11.2 – Componentes básicos 266
11.2.1 – Corpo 266
11.2.1.1 – Contatos móveis e fixos 266
11.2.1.2 – Bornes para conexões 268
11.2.2 – Cabeçote 268
11.3 – Características elétricas 269
11.3.1 – Tensão nominal 270
11.3.2 – Corrente nominal 270
11.3.3 – Grau de proteção 270

11.4 – Símbolo (conforme as normas DIN) 272
11.5 – Diagramas 274
11.5.1 – Diagrama do circuito principal 274
11.5.2 – Diagrama do circuito de comando 276

12 – Retificadores 283
12.1 – Conceito 283
12.2 – Tipos 283
12.2.1 – Retificador para baixa potência 283
12.2.2 – Retificador para alta potência 283
12.3 – Características dos terminais 284
12.4 – Características do encapsulamento 285
12.5 – Características do material das pastilhas semi-condutoras 285
12.6 – Características elétricas dos retificadores 286
12.6.1 – Tensão máxima inversa 286
12.6.2 – Corrente máxima direta 286
12.6.3 – Tensão nominal 286
12.6.4 – Dissipação máxima 286
12.7 – Representação simbólica 287
12.8 – Características dos retificadores de selênio, germânio e silício 288
12.8.1 – Retificadores de selênio 288
12.8.2 – Retificadores de germânio 289
12.8.3 – Retificadores de silício 289
12.9 – Funcionamento 289
12.9.1 – Em polarização direta 289
12.9.2 – Em polarização inversa 290
12.9.3 – Representação esquemática do funcionamento em CA 291
12.9.4 – Funcionamento dos retificadores através do diagrama do circuito elétrico com frenagem 292
12.9.4.1 – Acionamento da chave seccionadora do ramal trifásico . . . 292
12.9.4.2 – Acionamento do botão b_1 para o arranque 293
12.9.4.3 – Motor em funcionamento com botão b_1 solto 294
12.9.4.4 – Acionamento do botão b_0 para o desligamento 295
12.9.4.5 – Motor m_1 em funcionamento normal 296
12.10 – Funcionamento elétrico e mecânico dos retificadores . 296
12.10.1 – Condições de funcionamento elétrico dos retificadores 297
12.10.2 – Condições de funcionamento mecânico 297
12.10.3 – Condições ambientais 297

13 – Controladores de temperatura 301
13.1 – Conceito 301
13.2 –Tipos 301
13.2.1 – Controlador de temperatura eletrônico 302
13.2.2 – Controlador de temperatura com sistema bobina móvel 302
13.3 – Componentes básicos 303
13.3.1 – Bornes para conexões 303
13.3.2 – Corpo 304
13.3.3 – Knob ou parafuso de ajuste de temperatura 304
13.3.4 – Escala de leitura 304
13.3.5 – Contatos comutadores 305
13.4 – Características elétricas 305
13.5 –Simbologia 306
13.6 – Diagramas de forno elétrico 308
13.6.1 – Diagrama de disposição 308
13.6.2 – Diagrama do circuito elétrico 310

14 – Sensores de proximidade 313
14.1 – Conceito 313
14.2 – Componentes 313
14.2.1 – Corpo ou encapsulamento 314
14.2.2 – Elementos de fixação 314
14.2.3 – Condutor 314
14.3 – Características elétricas 314
14.3.1 – Tensão nominal 315
14.3.2 – Corrente nominal 315
14.3.3 – Tipo de contato 315
14.3.4 – Sensibilidade 316
14.4 – Símbolos de representação 316
14.5 – Diagramas 317
14.5.1 – Diagrama do circuito principal 317
14.5.2 – Diagrama do circuito de comando 318
14.6 – Classificação 319
14.6.1 – Quanto à forma de fixação 319
14.6.2 – Quanto às ligações 319
14.7 – Funcionamento 321
14.7.1 – Descrição do funcionamento do relé de proximidade indutivo ou capacitivo 321

14.7.2 – Descrição do funcionamento dos sensores indutivo e capacitivo, através do símbolo, em cada posição de acionamento 321
14.7.3 – Diagrama do circuito elétrico 323
14.7.3.1 – Acionamento da chave seccionadora do ramal trifásico . . . 323
14.7.3.2 – Funcionamento do botão b_1 para o arranque, no sentido anti-horário 324
14.7.3.3 – Motor m_1 em funcionamento, com botão b_1 solto 325
14.7.3.4 – Passagem do elemento acionador em frente à face do sensor b_3 326
14.7.3.5 – Acionamento do botão b_2, para deslocamento da mesa em direção ao extremo oposto 327
14.7.3.6 – Motor em funcionamento, com o botão b_2 solto 328
14.7.3.7 – Passagem do elemento acionador em frente à face do sensor b_4 329
14.7.3.8 – Motor m_1 em funcionamento normal, para qualquer um dos sentidos (como exemplo, o sentido horário) 330

Bibliografia 331

Prezado aluno,

Quando você resolveu fazer um curso em nossa instituição, talvez não soubesse que, desse momento em diante, estaria fazendo parte do maior sistema de educação profissional do país: o SENAI. Há mais de sessenta anos, estamos construindo uma história de educação voltada para o desenvolvimento tecnológico da indústria brasileira e da formação profissional de jovens e adultos.

Devido às mudanças ocorridas no modelo produtivo, o trabalhador não pode continuar com uma visão restrita dos postos de trabalho. Hoje, o mercado exigirá de você, além do domínio do conteúdo técnico de sua profissão, competências que lhe permitam decidir com autonomia, proatividade, capacidade de análise, solução de problemas, avaliação de resultados e propostas de mudanças no processo do trabalho. Você deverá estar preparado para o exercício de papéis flexíveis e polivalentes, assim como para a cooperação e a interação, o trabalho em equipe e o comprometimento com os resultados.

Soma-se, ainda, que a produção constante de novos conhecimentos e tecnologias exigirá de você a atualização contínua de seus conhecimentos profissionais, evidenciando a necessidade de uma formação consistente que lhe proporcione maior adaptabilidade e instrumentos essenciais à auto-aprendizagem.

Essa nova dinâmica do mercado de trabalho vem requerendo que os sistemas de educação se organizem de forma flexível e ágil, motivos esses que levaram o SENAI a criar uma estrutura educacional com o propósito de atender às novas necessidades da indústria, estabelecendo uma formação flexível e modularizada.

Essa formação flexível tornará possível a você, aluno do sistema, voltar e dar continuidade à sua educação, criando seu próprio percurso. Além de toda a infra-estrutura necessária ao seu desenvolvimento, você poderá contar com o apoio técnico-pedagógico da equipe de educação dessa escola do SENAI para orientá-lo em seu trajeto.

Mais do que formar um profissional, estamos buscando formar cidadãos.

Seja bem-vindo!

Andréa Marinho de Souza Franco

Diretora de Educações

Apresentação

A dinâmica social dos tempos de globalização exige dos profissionais atualização constante. Mesmo as áreas tecnológicas de ponta ficam obsoletas em ciclos cada vez mais curtos, trazendo desafios renovados a cada dia, e tendo como conseqüência para a educação a necessidade de encontrar novas e rápidas respostas.

Nesse cenário, impõe-se a educação continuada, exigindo que os profissionais busquem atualização constante durante toda a sua vida – e os docentes e alunos do SENAI/RJ incluem-se nessas novas demandas sociais.

É preciso, pois, promover, tanto para os docentes como para os alunos da educação profissional, as condições que propiciem o desenvolvimento de novas formas de ensinar e aprender, favorecendo o trabalho de equipe, a pesquisa, a iniciativa e a criatividade, entre outros aspectos, ampliando suas possibilidades de atuar com autonomia, de forma competente.

Uma palavra inicial

Meio ambiente...

Saúde e segurança no trabalho...

O que é que nós temos a ver com isso?

Antes de iniciarmos o estudo deste material, há dois pontos que merecem destaque: a relação entre o processo produtivo e o meio ambiente, e a questão da saúde e segurança no trabalho.

As indústrias e os negócios são a base da economia moderna. Não só produzem os bens e serviços necessários, como dão acesso a emprego e renda. Mas para atender a essas necessidades, precisam usar recursos e matérias-primas. Os impactos no meio ambiente muito freqüentemente decorrem do tipo de indústria existente no local, do que ela produz e, principalmente, de *como* produz.

É preciso entender que todas as atividades humanas transformam o ambiente. Estamos sempre retirando materiais da natureza, transformando-os e depois jogando o que "sobra" de volta ao ambiente natural. Ao retirar do meio ambiente os materiais necessários para produzir bens, altera-se o equilíbrio dos ecossistemas e arrisca-se ao esgotamento de diversos recursos naturais que não são renováveis ou, quando o são, têm sua renovação prejudicada pela velocidade da extração, superior à capacidade da natureza para se recompor. É necessário fazer planos de curto e longo prazo, para diminuir os impactos que o processo produtivo causa na natureza. Além disso, as indústrias precisam se preocupar com a recomposição da paisagem e ter em mente a saúde dos seus trabalhadores e da população que vive ao seu redor.

Com o crescimento da industrialização e a sua concentração em determinadas áreas, o problema da poluição aumentou e se intensificou. Em relação ao ar e à água a questão é bastante complexa, pois as emissões poluentes se espalham de um ponto fixo para uma grande região, dependendo dos ventos, do curso da água e das demais condições ambientais, tornando difícil localizar, com precisão, a origem do

problema. No entanto, é importante repetir que, ao depositarem os resíduos no solo, ao lançarem efluentes sem tratamento em rios, lagoas e demais corpos hídricos, as indústrias causam danos ao meio ambiente.

O uso indiscriminado dos recursos naturais e a contínua acumulação de lixo mostram a falha básica de nosso sistema produtivo: ele opera em linha reta. Extraem-se as matérias-primas através de processos de produção desperdiçadores e que geram subprodutos tóxicos. Fabricam-se produtos de utilidade limitada que, finalmente, viram lixo, o qual se acumula nos aterros. Produzir, consumir e dispensar bens desta forma, obviamente, não é sustentável.

Enquanto os resíduos naturais (que não podem, propriamente, ser chamados de "lixo") são absorvidos e reaproveitados pela natureza, a maioria dos resíduos deixados pelas indústrias não tem aproveitamento para qualquer espécie de organismo vivo e, para alguns, pode até ser fatal. O meio ambiente pode absorver resíduos, redistribuí-los e transformá-los. Mas, da mesma forma que a Terra possui uma capacidade limitada de produzir recursos renováveis, sua capacidade de receber resíduos também é restrita, e a de receber resíduos tóxicos praticamente não existe.

Ganha força, atualmente, a idéia de que as empresas devem ter procedimentos éticos que considerem a preservação do ambiente como uma parte de sua missão. Isto quer dizer que se devem adotar práticas que incluam tal preocupação, introduzindo processos que reduzam o uso de matérias-primas e energia, diminuam os resíduos e impeçam a poluição.

Cada indústria tem suas próprias características. Também se sabe que a conservação de recursos é importante. Deve haver crescente preocupação com a qualidade, durabilidade, possibilidade de conserto e vida útil dos produtos.

As empresas precisam não só continuar reduzindo a poluição, como também buscar novas formas de economizar energia, melhorar os efluentes, reduzir a poluição, o lixo, o uso de matérias-primas. Reciclar e conservar energia são atitudes essenciais no mundo contemporâneo.

É difícil ter uma visão única que seja útil para todas as empresas. Cada uma enfrenta desafios diferentes e pode beneficiar-se de sua própria visão de futuro. Ao olhar para o futuro, nós (o público, as empresas, as cidades e as nações) podemos decidir quais alternativas são mais desejáveis e trabalhar com elas.

Entretanto é verdade que tanto os indivíduos quanto as instituições só mudarão as suas práticas quando acreditarem que seu novo comportamento lhes trará benefícios – sejam estes financeiros, para sua reputação ou para sua segurança.

A mudança nos hábitos não é uma coisa que possa ser imposta. Deve ser uma escolha de pessoas bem-informadas a favor de bens e serviços sustentáveis. A tarefa é criar condições que melhorem a capacidade de as pessoas escolherem, usarem e disporem de bens e serviços de forma sustentável.

Além dos impactos causados na natureza, diversos são os malefícios à saúde humana provocados pela poluição do ar, dos rios e mares, assim como são inerentes aos processos produtivos alguns riscos à saúde e segurança do trabalhador. Atualmente, acidente do trabalho é uma questão que preocupa os empregadores, empregados e governantes, e as conseqüências acabam afetando a todos.

De um lado, é necessário que os trabalhadores adotem um comportamento seguro no trabalho, usando os equipamentos de proteção individual e coletiva; de outro, cabe aos empregadores prover a empresa com esses equipamentos, orientar quanto ao seu uso, fiscalizar as condições da cadeia produtiva e a adequação dos equipamentos de proteção.

A redução do número de acidentes só será possível à medida que cada um – trabalhador, patrão e governo – assuma, em todas as situações, atitudes preventivas, capazes de resguardar a segurança de todos.

Deve-se considerar, também, que cada indústria possui um sistema produtivo próprio, e, portanto, é necessário analisá-lo em sua especificidade, para determinar seu impacto sobre o meio ambiente, sobre a saúde e os riscos que o sistema oferece à segurança dos trabalhadores, propondo alternativas que possam levar à melhoria de condições de vida para todos.

Da conscientização, partimos para a ação: cresce, cada vez mais, o número de países, empresas e indivíduos que, já estando conscientizados acerca dessas questões, vêm desenvolvendo ações que contribuem para proteger o meio ambiente e cuidar da nossa saúde. Mas isso ainda não é suficiente... faz-se preciso ampliar tais ações, e a educação é um valioso recurso que pode e deve ser usado em tal direção. Assim, iniciamos este material conversando com você sobre o meio ambiente, saúde e segurança no trabalho, lembrando que, no seu exercício profissional diário, você deve agir de forma harmoniosa com o ambiente, zelando também pela segurança e saúde de todos no trabalho.

Tente responder à pergunta que inicia este texto: meio ambiente, a saúde e a segurança no trabalho – o que é que **eu** tenho a ver com isso? Depois, é partir para a ação. Cada um de nós é responsável. Vamos fazer a nossa parte?

Introdução

Os motores elétricos constituem parte dos equipamentos mais amplamente utilizados na indústria, o que torna o acionamento de máquinas e equipamentos mecânicos por motores elétricos assunto de extraordinária importância econômica.

Os fundamentos técnicos e econômicos para aplicação de acionamentos de controle de velocidade de motores elétricos trifásicos foram ampliados consideravelmente pelos avanços feitos no desenvolvimento de componentes eletroeletrônicos e de potência.

O acionamento elétrico é um sistema capaz de converter energia elétrica em mecânica, produzindo trabalho e mantendo controle sobre tal processo de conversão. Um sistema de acionamento compreende o motor elétrico e seu equipamento de comando e/ou controle, os meios de transmissão (mecânicos) de energia do motor à máquina acionada para que esta realize a função desejada.

Com este trabalho, pretende-se facultar às pessoas envolvidas com questões referentes a acionamento de máquinas elétricas a possibilidade de ampliar seu conhecimento no assunto, o que permitirá ações mais eficientes e, por isso mesmo, mais prazerosas.

01 Elementes de Proteção: Fusíveis

1 – Elementos de proteção: fusíveis

1.1 – Conceito

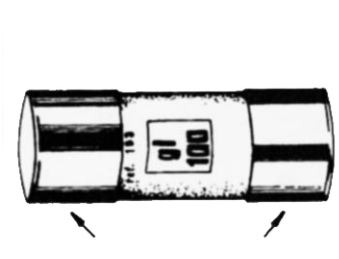
Fusíveis são dispositivos constituídos de um material condutor, chamado de elo de fusão, envolto por um corpo de material isolante e ligado a dois contatos que facilitam sua conexão com os componentes das instalações elétricas. A função dos fusíveis é proteger essas instalações contra curto-circuito ou sobrecargas.

1.2 – Elementos constituintes

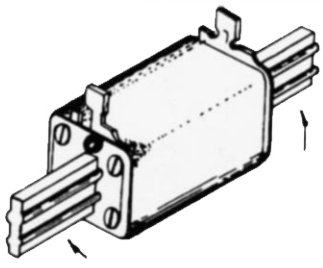
Basicamente, os fusíveis são compostos dos seguintes elementos: contatos, corpo isolante, elo de fusão (ou elo fusível), que serão detalhados a seguir.

1.2.1 – Contatos

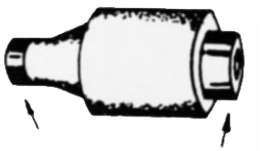
Servem para fazer a conexão dos fusíveis com os componentes das instalações elétricas. Os contatos são feitos de latão ou cobre prateado, para evitar oxidação e mau contato.



contato em forma de virola



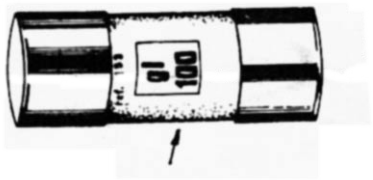
contato em forma de faca



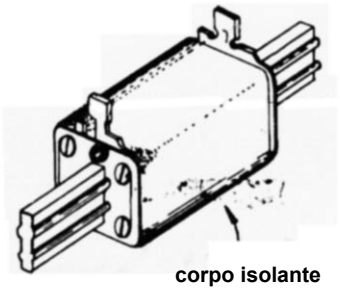
contato em forma de virola

1.2.2 – Corpo isolante

Serve para envolver o elo fusível. É feito de material isolante e de boa resistência mecânica, que não absorve umidade – geralmente cerâmica, porcelana ou esteatite (material com características isolantes superior à porcelana).



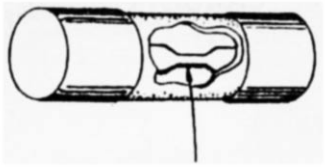
corpo isolante

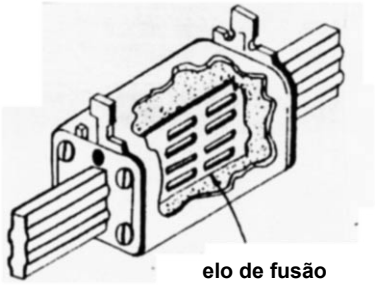

corpo isolante

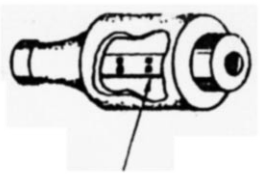
corpo isolante

1.2.3 – Elo de fusão

O elo de fusão ou elo fusível é um material condutor de corrente elétrica e de baixo ponto de fusão, feito em forma de fio ou de lâmina.


elo de fusão


elo de fusão

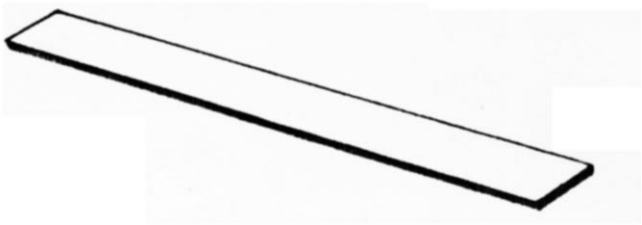

elo de fusão

O elo de fusão é a parte principal dos fusíveis, pois é através de sua fusão que os circuitos são protegidos, caso haja uma sobrecarga ou curto-circuito.

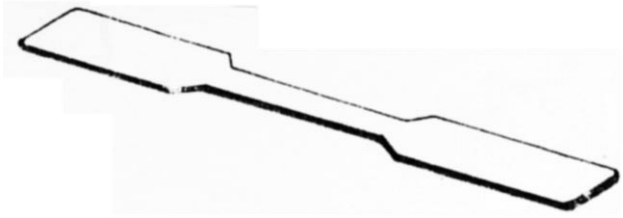
Os materiais mais utilizados na confecção de elos fusíveis são o chumbo, prata (alemã), cobre puro ou cobre com zinco.

Os elos fusíveis em forma de fio são de seção constante, e a fusão pode ocorrer em qualquer ponto do elo (fio).

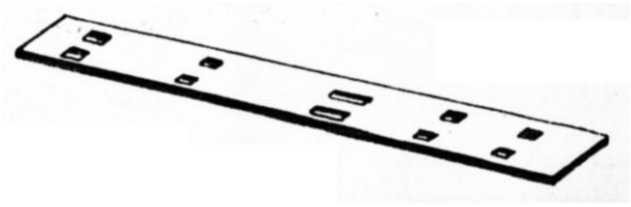
Os elos fusíveis em forma de lâmina podem ser de seção constante, seção reduzida normal, seção reduzida por janelas ou seção reduzida por janelas com acréscimo de massa no centro do elo. A fusão ocorre em partes específicas de cada um deles.



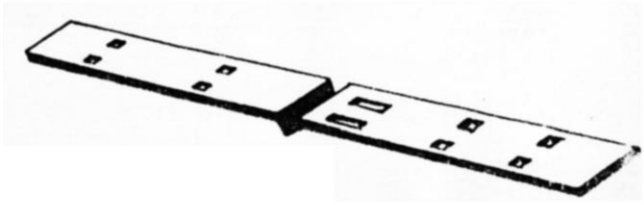
Elo fusível com seção constante – a fusão pode ocorrer em qualquer ponto do elo.



Elo fusível com seção reduzida normal – a fusão sempre ocorre na parte onde a seção é reduzida.



Elo fusível com seção reduzida por janelas – a fusão sempre ocorre na parte entre as janelas de maior seção.



Elo fusível com seção reduzida por janelas e um acréscimo de massa no centro – a fusão ocorre sempre entre as janelas.

1.3 – Classificação dos fusíveis quanto ao tipo de ação

Existem fusíveis de ação rápida ou normal, ultra-rápida e retardada. A necessidade dessas três características de fusíveis surgiu em conseqüência da existência de três tipos de circuitos: circuitos de cargas resistivas, circuitos de cargas indutivas e circuitos de cargas capacitivas.

Além desses, há ainda os circuitos com cargas eletrônicas.

Para cada tipo de circuito, existe um fusível próprio.

1.3.1 – Fusíveis de ação rápida ou normal

São próprios para protegerem circuitos com cargas resistivas (lâmpadas incandescentes e resistores em geral).

Nos fusíveis de ação rápida ou normal a fusão do elo ocorre após alguns segundos, quando estes recebem uma sobrecarga de curta ou longa duração.

Estes fusíveis podem ser elos de fios com seção constante ou de lâminas com seção reduzida por janelas.

EXEMPLO:

Na instalação de um forno elétrico (cargas resistivas), a corrente elétrica se mantém constante após o início de seu funcionamento. Em caso de uma sobrecarga qualquer (de curta ou longa duração), haverá a queima do elo fusível, após alguns segundos. Por isso, as cargas resistivas exigem fusíveis de ação rápida ou normal.

1.3.2 – Fusíveis de ação ultra-rápida

São próprios para protegerem circuitos com cargas eletrônicas, quando os dispositivos são a semi-condutores (tiristores, diodos, etc.). Ainda podem ser, entretanto, de elos de fios com seção constante ou de lâminas, com seção reduzida por janelas.

Nos fusíveis de ação ultra-rápida, a fusão do elo é imediata quando recebem uma sobrecarga, mesmo que esta seja de curta duração.

Os dispositivos a semi-condutores são mais sensíveis e precisam ser protegidos contra sobrecargas de curta duração.

EXEMPLO:

Na instalação de uma máquina elétrica que tenha algum dispositivo eletrônico com semi-condutores (tiristores, diodos, etc.), a corrente também se mantém constante após o início de seu funcionamento. Entretanto, esses dispositivos eletrônicos são tão delicados, que qualquer sobrecarga – por menor que seja – pode provocar a sua queima. Por isso, o tipo de circuito com carga eletrônica exige, para sua proteção, fusíveis de ação muito mais rápida, ou seja, fusíveis de ação ultra-rápida.

1.3.3 – Fusíveis de ação retardada

Estes fusíveis são próprios para protegerem circuitos com cargas indutivas e/ou capacitivas (motores, transformadores, capacitores e indutores em geral).

A ação retardada ocorre onde a sobrecarga de curta duração não deve provocar a fusão do elo.

A fusão do elo, na ação retardada, só acontece quando houver sobrecargas de longa duração ou curto-circuito.

Os fusíveis de ação retardada têm seus elos de lâmina com seção reduzida por janelas e com acréscimo de massa no centro.

EXEMPLO:

Na instalação de motores, transformadores e capacitores (cargas indutivas e/ou capacitivas), a corrente elétrica não se mantém constante no início do funcionamento, ou seja, a corrente ultrapassa seu valor nominal por alguns segundos, dando a impressão de uma sobrecarga de curta duração (o que não deve provocar a queima do elo fusível); logo em seguida, a corrente diminui até seu valor nominal.

Em caso de uma sobrecarga de longa duração, haverá a queima do elo fusível.

Por isso, as cargas indutivas e/ou capacitivas exigem fusíveis de ação mais lenta, ou seja, fusíveis de ação retardada.

1.4 – Características

1.4.1 – Corrente nominal

A corrente nominal é uma característica relacionada com o elo fusível e especifica o maior valor da corrente que o fusível suporta, continuamente, sem se aquecer em excesso e sem se queimar.

A corrente nominal é a mesma para os fusíveis rápidos, ultra-rápidos e retardados.

nota

Um fusível de ação rápida, de 20A ligado a um circuito, permite a circulação da corrente até este valor. Caso a corrente, por uma sobrecarga ou curto-circuito, ultrapasse os 20A, haverá a queima do fusível, protegendo assim o circuito.

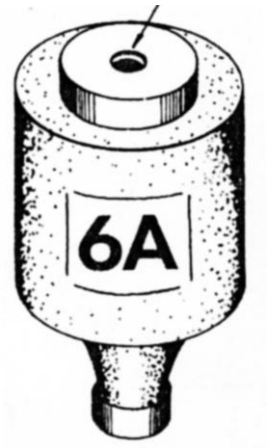
A corrente nominal de um fusível é determinada de acordo com a corrente da carga e geralmente vem escrita no corpo isolante. Como símbolo da corrente nominal, usamos In.

Alguns fabricantes de fusíveis estabeleceram código de cores padronizadas para cada valor da corrente nominal.

Observe o quadro abaixo, onde as cores e os valores da corrente nominal estão especificados.

COR	CORRENTE NOMINAL (In)
Rosa	2A
Marrom	4A
Verde	6A
Vermelho	10A
Cinza	16A
Azul	20A
Amarelo	25A
Preto	35A
Branco	50A
Laranja	63A
-	80A
-	100A

indicação da cor



1.4.2 – Tensão nominal

A tensão nominal é uma característica relacionada com o corpo isolante e especifica o valor da máxima tensão de isolamento do fusível.

nota

Um fusível, com tensão nominal de 500V, pode ser instalado em um circuito cuja tensão não seja superior a este valor, pois seu corpo isolante pode deixar de ser isolante para valores acima de 500V.

A tensão nominal dos fusíveis também vem escrita sempre no corpo isolante. O símbolo que a representa é Un.

Os fusíveis podem ser instalados em circuitos de corrente contínua ou em circuitos de corrente alternada.

Para os circuitos de corrente alternada, os valores de tensão nominal normalmente variam entre 250VCA e 500VCA.

Para circuitos de corrente contínua, estes valores variam de 300VCC até 600VCC.

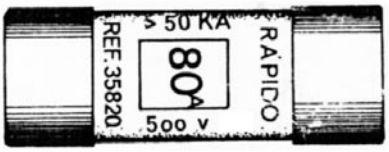
1.4.3 – Capacidade de ruptura

A capacidade de ruptura de um fusível é uma característica que mostra a segurança para a instalação, quando há um curto-circuito, ou ainda: é a capacidade que um fusível possui em se deixar queimar apenas em seu elo fusível, não permitindo que a corrente elétrica continue a circular.

A capacidade de ruptura de um fusível é representada por um valor numérico acompanhado das letras KA, que significam quiloampere.

Um fusível de ação retardada, com capacidade de ruptura de 100KA (ou seja, 100 000A) é capaz de interromper uma corrente de curto-circuito até este limite.

Alguns fabricantes colocam escrito no corpo isolante a capacidade de ruptura do fusível.

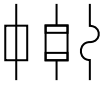


O símbolo (> 50KA) indica que este fusível tem uma capacidade de interromper um curto-circuito com valores acima de 50 000A.

1.5 – Simbologia

Cada dispositivo elétrico tem um símbolo característico, para facilitar a esquematização dos circuitos elétricos.

Para os fusíveis, o símbolo usado nas diversas normas é o seguinte:

Norma	ABNT	DIM	ANSI	UTE	IEC
Fusível					
Fusível com indicação do lado energizado, após a queima do mesmo					

O símbolo dos fusíveis tanto em esquema multifilar como unifilar tem a mesma representação.

Em todos os esquemas encontra-se a letra **e** (minúscula), acompanhada de um ou mais algarismos, ao lado do símbolo do fusível, para identificação do tipo de circuito que ele protege.

EXEMPLOS:

e_1 - e_2 - e_3 ...

Esta identificação ao lado do símbolo do fusível significa que este protege circuito principal (circuito de alimentação).

e_{11} - e_{12} - e_{13} ...

Esta identificação ao lado do símbolo do fusível significa que este protege circuito com voltímetro (circuito com instrumento de medida elétrica).

A leitura do símbolo se faz da seguinte maneira: e um-um, e um-dois, e um-três...

e_{21} - e_{22} - e_{23} ...

Esta identificação significa que este fusível protege circuito de comando ou auxiliar (circuito distribuído na própria máquina).

A leitura do símbolo se faz da seguinte maneira: e dois-um, e dois-dois, e dois-três...

e_{91} - e_{92} - e_{93} ...

Esta identificação significa que este fusível protege circuito de aquecimento (circuito com carga resistiva como: forno elétrico, aquecedores ...).

A leitura do símbolo se faz da seguinte maneira: e nove-um, e nove-dois, e nove-três...

1.6 – Tipos

Existem vários tipos de fusíveis no comércio, mas os mais empregados em instalações industriais são: fusíveis-cartucho, fusíveis diazed, silized e neozed, além do fusível NH, que serão detalhados a seguir.

1.6.1 – Fusível-cartucho

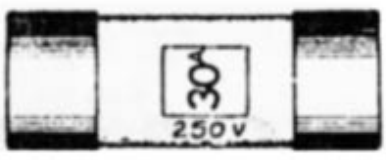
O fusível tipo cartucho tem elo de fusão envolto por um corpo isolante em forma cilíndrica e os contatos em forma de virola. Este conjunto dá idéia de um cartucho.

Existem também fusíveis-cartucho com contatos em forma de faca.

Os fusíveis-cartucho podem ter corpo isolante de papelão, fibra, cerâmica ou vidro. Todos eles têm a mesma forma. (A diferença entre eles está no material isolante do corpo e no elo de fusão).

1.6.1.1 – Fusível-cartucho com corpo isolante de papelão

O elo fusível é feito em forma de fio ou lâmina de chumbo, com seção reduzida. Pode ser renovável, ou seja, queimando-se o elo, é possível substituí-lo.



Características:

– Corrente nominal – 15A, 30A, 60A (não tem código de cores).

– Tensão nominal – 250V

– Baixa capacidade de ruptura.

– Fusão rápida.

1.6.1.2 – Fusível-cartucho com corpo isolante de fibra

Os contatos são feitos em forma de virola ou faca, de latão estanhado.

O elo fusível é feito de lâmina de chumbo, com seção reduzida. Pode ser renovável.

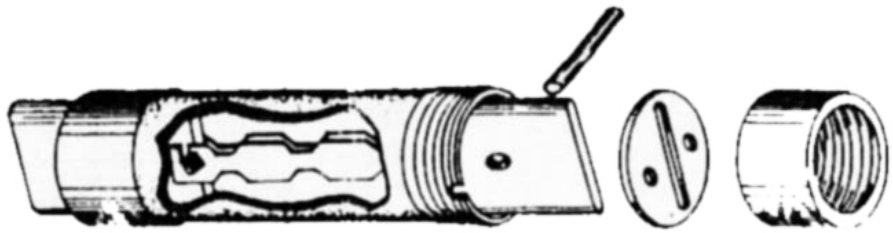
Características:

– Corrente nominal – 60A, 100A, 150A, 200A (não tem código de cores).

– Tensão nominal – 500V

– Baixa capacidade de ruptura.

– Fusão rápida.



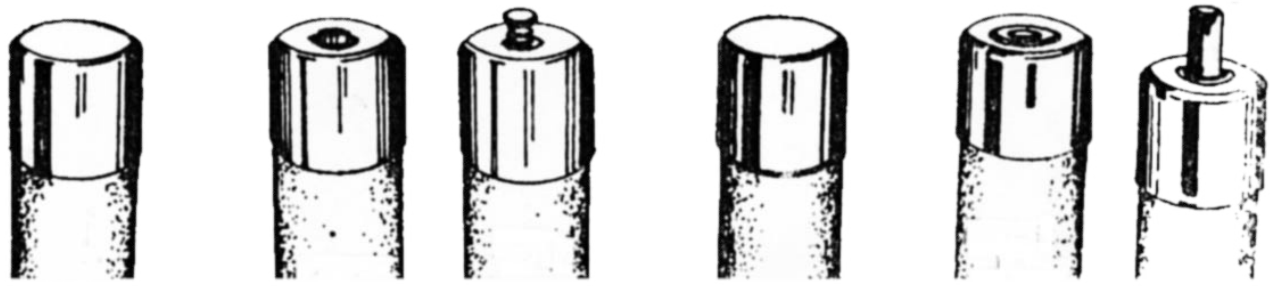
fusível renovável desmontado

1.6.1.3 – Fusível-cartucho com corpo isolante de cerâmica

Os contatos são feitos em forma de virola de cobre prateado.

O elo fusível é feito de lâmina de cobre, com seção reduzida por janelas. Neste fusível, o corpo isolante é preenchido com areia de fina granulação.

Pode ser com ou sem indicador de queima no elo fusível e com ou sem percutor.



sem indicador de queima

antes da queima

após a queima

Com indicador de queima para facilitar sua visualização

sem percutor

antes da queima

após queima

Com percutor para desligar certos tipos de chaves elétricas

Percutor é um pino preso por um fio muito fino, ligado em paralelo com o elo de fusão em uma mola que empurra o pino para fora do fusível, quando há a queima do elo.

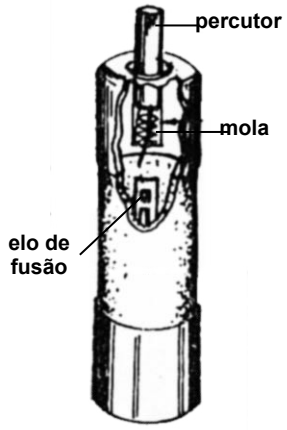
Características:

– Corrente nominal – de 1A a 125A

– Tensão nominal – 500V

– Alta capacidade de ruptura > 100KA

– Fusão rápida ou retardada.



1.6.1.4 – Fusível-cartucho com corpo isolante de vidro

Características:

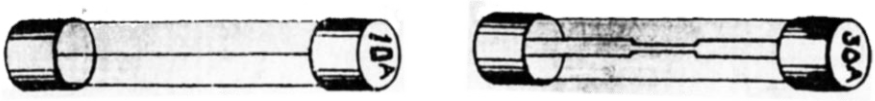
– Corrente nominal de 0,2A até 10A para os fusíveis com elo de fio de cobre e de 15A – 20A – 30A para os fusíveis com elo de lâmina de chumbo.

– Tensão nominal – 250V

– Baixa capacidade de ruptura.

– Fusão rápida, para os fusíveis com elo de chumbo em forma de lâmina.

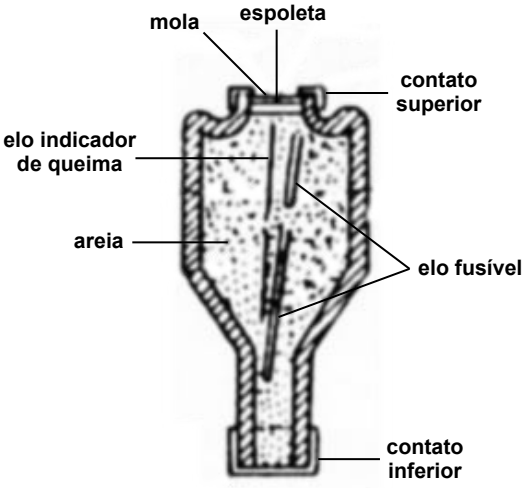
– Fusão ultra-rápida, para os fusíveis com elo de fio de cobre.

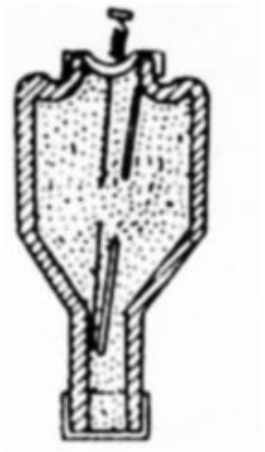


1.6.2 – Fusível diazed, silized e neozed

Os fusíveis diazed, silized e neozed têm seu elo de fusão envolto por um corpo isolante de cerâmica com formas cilíndrica e cônica, preenchido de areia isolante de fina granulação e os contatos em forma de virola, sendo que uma das virolas tem uma espoleta indicadora de queima, com a cor que representa a sua corrente nominal (conforme a tabela de cores já detalhada anteriormente).

Nestes tipos de fusíveis há um fio (finíssimo), chamado de elo indicador de queima, ligado em paralelo com o elo que prende a espoleta. Quando o elo se funde, esse fio também se funde desprendendo a espoleta, para indicar a queima do elo.





Fusão dos elos e expulsão da espoleta

1.6.2.1 – Fusíveis diazed

Características:

- Os contatos são feitos em forma de virola de latão prateado.
- O elo fusível é feito de lâmina de cobre com zinco, com seção reduzida por janelas, para os de ação rápida, e com um acréscimo de massa no centro, para os de ação retardada.
- Corrente nominal – 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 35A, 50A, 63A, 80A, 100A
- Tensão nominal – 500V
- Alta capacidade de ruptura.
- Fusão rápida ou retardada.

1.6.2.2 – Fusíveis silized

Suas características são idênticas às dos fusíveis diazed, com diferença apenas na ação de fusão, que é ultra-rápida.

Os fusíveis silized são marcados por uma faixa amarela no corpo isolante.

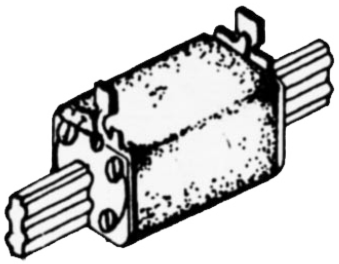
1.6.2.3 – Fusíveis neozed

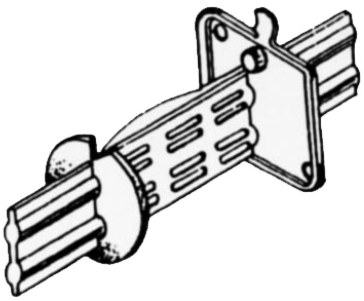
Suas características também são idênticas às do diazed, diferenciando-se no tamanho, pois os neozed são menores.

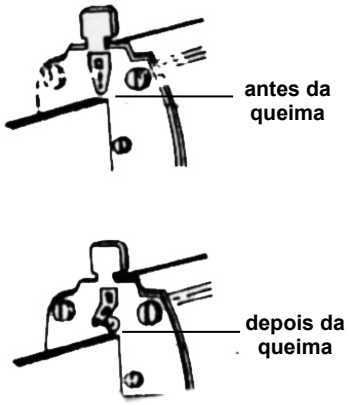
Algumas máquinas importadas utilizam esse tipo de fusível.

1.6.3 – Fusíveis NH

Os fusíveis NH têm seu elo de fusão envolto por um corpo isolante de cerâmica com forma retangular ou quadrada preenchido de areia isolante de fina granulação, e os contatos em forma de faca. Têm também indicador de queima, com a cor que representa a sua corrente nominal. Destinam-se a interromper a corrente do circuito pela fusão do seu elo fusível envolto por areia. A fusão do elo dá-se pelos efeitos térmicos da corrente. O fusível NH tem na faixa de sobrecarga uma característica de desligamento com retardo, isto é, um tempo de atuação tão longo, que é possível ligar um motor com sua corrente de partida, sem que se funda o seu elo fusível (curva de tempo-corrente). Esses fusíveis, em execução especial, adaptam-se, também, a outras funções, como, por exemplo, a proteção de tiristores. Além disso, eles têm alta capacidade de interrupção (podem interromper correntes de curto-circuito até 1000KA).







nota

NH são iniciais de duas palavras de origem alemã, Niederspannung e Hochleistung, e significam, respectivamente, baixa tensão e alta capacidade de ruptura.

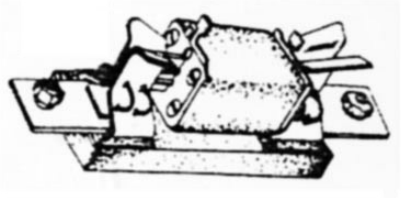
O sistema de prender a espoleta é idêntico ao dos fusíveis diazed, silized e neozed.

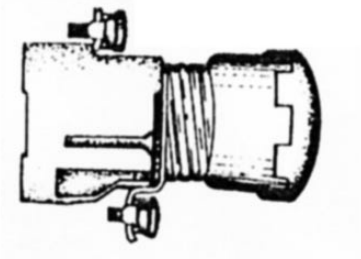
1.7 – Bases para fusíveis

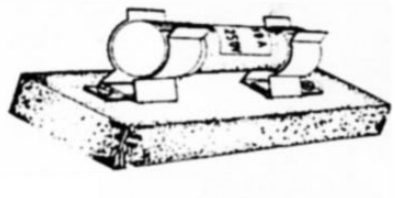
Os fusíveis necessitam de uma base, para facilitar a sua instalação nos circuitos.

Para cada tipo de fusível, há uma base própria.

A seguir, você verá cada uma dessas bases detalhadamente.





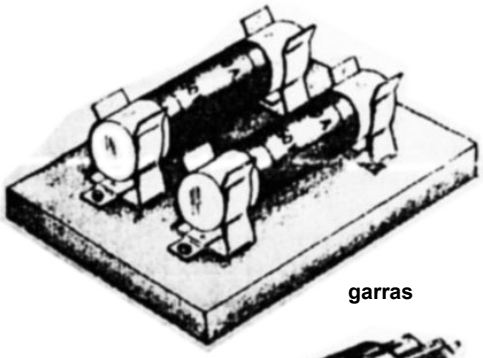


1.7.1 – Base para fusível-cartucho

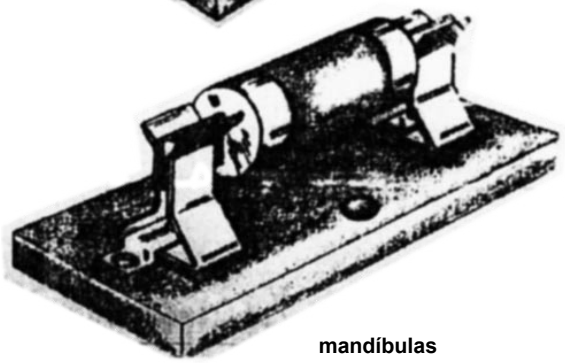
A base desses tipos de fusíveis é feita de ardósia (material isolante de boa resistência mecânica). Os bornes para conexão têm parafusos de cabeça achatada, com fenda.

A base para este tipo de fusível pode ser construída com garras ou mandíbulas.

Na base com garras, os contatos do fusível são feitos através da superfície lateral das virolas. Na base de mandíbulas, são feitos através da superfície lateral das facas.

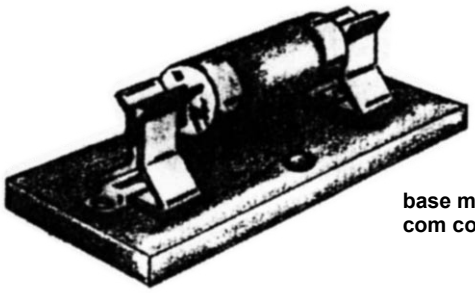


garras

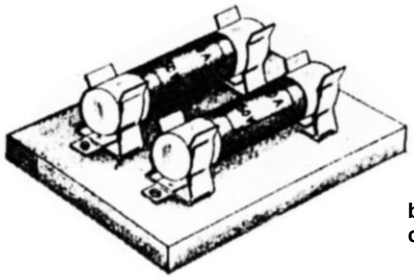


mandíbulas

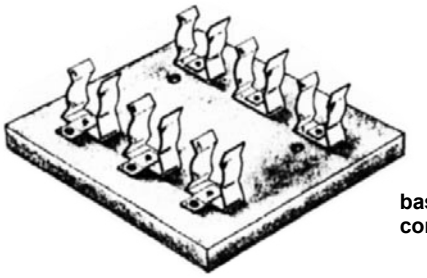
Para fusíveis-cartucho, existem bases do tipo monopolar, para um fusível; bipolar, para dois e tripolar, para três fusíveis.



base monopolar de fusível-cartucho com contato em forma de faca



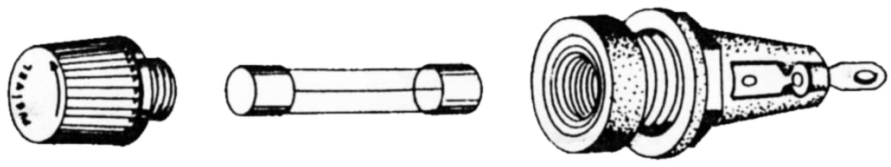
base bipolar de fusível-cartucho com contato em forma de virola



base tripolar de fusível-cartucho, com contato em forma de virola

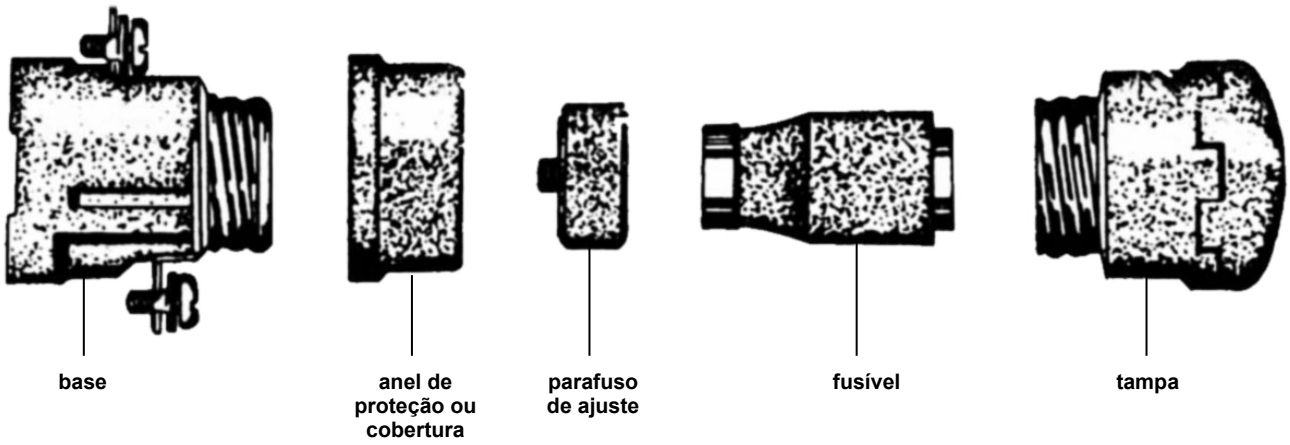
1.7.1.1 – Base para fusível-cartucho com corpo isolante de vidro

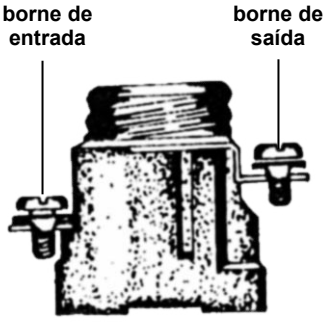
As bases de fusíveis com corpo de vidro podem ser de três tipos: base aberta multipolar, base fechada e base para painel. A ilustração abaixo representa a base para painel que é a mais utilizada na indústria.



1.7.2 – Base para fusíveis diazed, silized e neozed

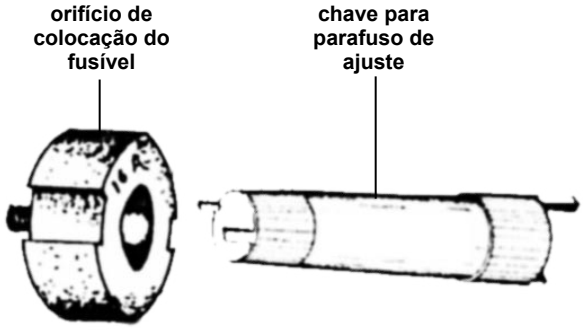
Os fusíveis diazed, silized e neozed necessitam de acessórios, que constituem um sistema de segurança para instalações. Na ilustração abaixo, apresentam-se os acessórios:





1.7.2.1 – Base

A base é a peça que permite a montagem do fusível e de todos os acessórios.Existe, na base, um borne de entrada (mais baixo) e um borne de saída (mais alto).O borne de entrada não é ligado à rosca da base. Caso haja inversão na ligação, a rosca da base ficará sob tensão, mesmo sem o fusível no lugar.



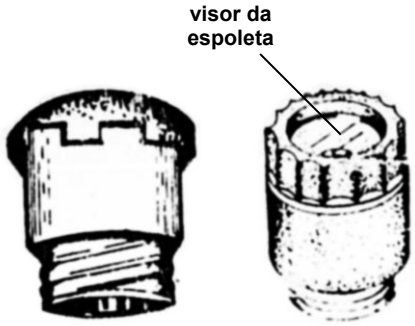
1.7.2.2 – Parafuso de ajuste

O parafuso de ajuste é colocado na base e enroscado no borne de entrada por meio de uma chave especial.A função do parafuso de ajuste é a de impedir a colocação de fusível com corrente nominal maior do que a prevista.

1.7.2.3 – Anel de proteção

O anel de proteção é encaixado na rosca de metal da base, para evitar contatos acidentais.

1.7.2.4 – Tampa



É o acessório que prende o fusível à base, estabelecendo o contato dele com o parafuso de ajuste e com os bornes.Nela há um visor que possibilita ao eletricista ver a espoleta do fusível. Quando o elo se queima, a espoleta solta e cai nesse visor.

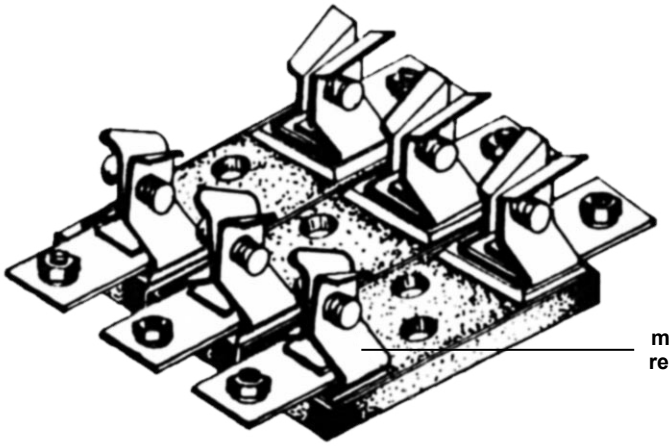
> **nota**
>
> O conjunto – fusível , base, parafuso de ajuste, anel de proteção ou cobertura e tampa – é denominado de segurança diazed.

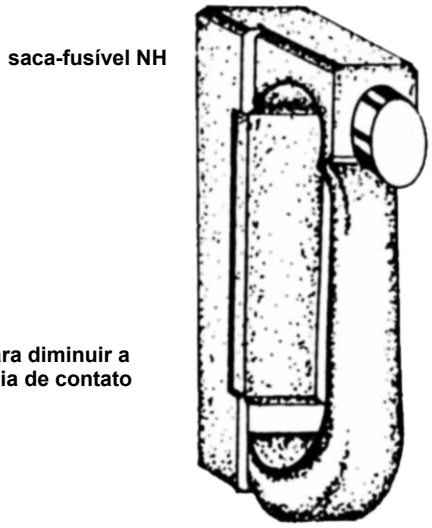
1.7.3 – Base para fusível NH

A base é feita de esteatite. Os contatos são feitos em forma de mandíbulas com molas.

Os bornes têm parafusos e porcas sextavadas, arruelas lisas e de pressão.

Para colocar ou retirar os fusíveis NH da base, utiliza-se um dispositivo próprio chamado saca-fusível.





1.8 – Resistência de contato

Existe uma grandeza elétrica relacionada com o contato entre os fusíveis e a base. Esta grandeza é denominada de resistência de contato (pressão exercida pelas garras contra as virolas). Por isso, os materiais dos contatos são especiais.

Com a finalidade de diminuir, ao máximo, a resistência de contato – que provoca aquecimento e queima do próprio fusível – são colocadas molas para aumentar a pressão desses contatos.

1.9 – Funcionamento elétrico

O funcionamento elétrico dos fusíveis é baseado no princípio de que um curto-circuito ou uma sobrecarga aumenta a temperatura dos condutores e, conseqüentemente, a do fusível também, até provocar a fusão do elo.

Essa fusão pode ocorrer em qualquer ponto do elo, se ele for de seção constante. Se for de seção reduzida, a fusão sempre ocorre no ponto onde houve a redução, geralmente no centro, para evitar aquecimento nos contatos do fusível.

No instante em que ocorre a fusão do elo, surge um arco elétrico. No caso de fusíveis com areia, quando ocorre a fusão, a areia também se funde, formando uma borra, que extingue o arco, para evitar incêndios.

Quando o elo é de cobre com zinco, a borra fundida (areia-cobre-zinco) torna-se altamente isolante, cortando definitivamente a passagem da corrente elétrica, garantindo a proteção da instalação (como acontece no caso dos fusíveis de alta capacidade de ruptura).

1.10 – Funcionamento mecânico

O funcionamento mecânico é baseado no princípio das forças exercidas pelas molas, mandíbulas e garras contra os contatos dos fusíveis, com a finalidade de evitar mau contato e a resistência de contato.

1.11 – Condições de funcionamento elétrico e mecânico

1.11.1 – Fusíveis-cartucho

1.11.1.1 – Condições de funcionamento elétrico

· As virolas precisam estar sempre limpas, para evitar mau contato e diminuir a resistência de contato.

· O elo precisa estar sem interrupção e bem preso às virolas.

· As garras precisam estar sempre limpas.

· Os bornes devem estar apertados.

· Não pode haver vazamento, nos fusíveis preenchidos de areia.

· Os fusíveis com indicação de queima devem ter suas espoletas ou percutor encostados na virola.

1.11.1.2 – Condições de funcionamento mecânico

· As molas das garras não podem estar quebradas.

· As garras devem estar sempre exercendo pressão nas virolas.

1.11.2 – Fusíveis diazed, silized e neozed

1.11.2.1 – Condições de funcionamento elétrico

- A tampa não pode estar trincada ou quebrada e deve estar sempre bem apertada, para garantir um bom contato elétrico e diminuir a resistência de contato.
- O parafuso de ajuste deve ser apertado com a chave própria.
- O anel não pode estar trincado nem quebrado.
- A base não pode estar trincada nem quebrada.
- Os bornes devem estar bem apertados.
- A espoleta indicadora de queima deve estar encostada na virola.

1.11.2.2 – Condições de funcionamento mecânico

As condições de funcionamento mecânico dependem, essencialmente, do aperto (ajuste) da rosca da base, parafuso de ajuste e tampa.

1.11.3 – Fusíveis NH

1.11.3.1 – Condições de funcionamento elétrico

· Os bornes devem estar apertados.

· A espoleta indicadora de queima deve estar baixa.

· Não pode haver vazamento de areia.

· Os contatos devem estar sempre limpos.

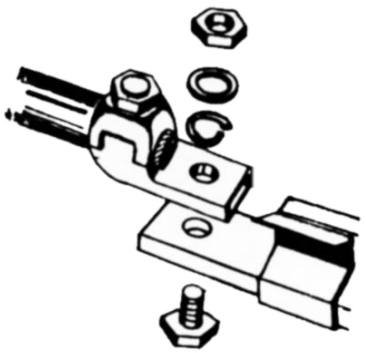
1.11.3.2 – Condições de funcionamento mecânico

· As condições de funcionamento mecânico dependem, essencialmente, das molas e das mandíbulas, que exercem pressão nas facas dos fusíveis NH.

nota

Os parafusos dos bornes vêm acompanhados de uma arruela lisa, de uma arruela de pressão e de uma porca.

A montagem correta dessas peças no borne evita que o parafuso afrouxe, em casos de vibrações nos painéis onde se encontram os fusíveis.



1.12 – Defeitos no funcionamento das bases e fusíveis

Haverá defeito, se as condições de funcionamento das bases com fusíveis não forem adequadas. Em conseqüência disto, toda a instalação será prejudicada, principalmente os motores das máquinas. Assim, quando o motor de uma máquina não funciona, o defeito poderá não estar nele, mas sim na base ou no fusível.

1.12.1 – Defeitos quanto à continuidade

São defeitos que dizem respeito à passagem da corrente elétrica e ocorrem devido aos casos apontados a seguir.

1.12.1.1 – Base quebrada ou trincada

Se a base estiver quebrada, haverá mau contato entre ela e o fusível, fazendo com que o fusível se aqueça e se queime.

1.12.1.2 – Garras ou mandíbulas das bases oxidadas, sujas de óleo ou "relaxadas"(sem pressão)

Se as garras estiverem sujas, oxidadas ou sem pressão, haverá mau contato entre elas e o fusível, fazendo com que o fusível se aqueça e se queime.

1.12.1.3 – Mola da garra quebrada ou fora da posição

Se a mola (que aumenta a pressão) da garra estiver quebrada ou fora do lugar, provocará mau contato entre a base e o fusível, fazendo com que o fusível se aqueça e se queime.

1.12.1.4 – Borne com a rosca espanada (danificada)

Se a rosca do borne estiver espanada, não haverá aperto suficiente no borne e isto provocará mau contato no borne de entrada ou de saída, fazendo com que o fusível se aqueça e se queime.

1.12.1.5 – Parafuso do borne com a rosca espanada ou com a fenda danificada

Se a rosca do parafuso ou do borne estiver espanada, haverá mau contato no borne de entrada ou saída, ocasionando aquecimento do fusível, que se queimará.

Se a fenda do parafuso estiver danificada, não será possível dar um aperto suficiente e o parafuso ficará frouxo.

Para os casos de fusíveis diazed, silized e neozed, devemos considerar ainda os defeitos dos anéis de proteção da base, dos parafusos de ajuste e das tampas.

1.12.1.6 – Anel de proteção quebrado

Se o anel de proteção da base estiver quebrado, deixará a rosca exposta e sujeita a curto-circuito acidental.

1.12.1.7 – Parafuso de ajuste quebrado ou frouxo

Se o parafuso de ajuste estiver quebrado ou frouxo, haverá mau contato entre a base, o fusível e a tampa, fazendo com que o fusível se aqueça e se queime.

1.12.1.8 – Tampa com a rosca espanada, frouxa (desapertada) ou amassada

Se a tampa estiver com a rosca espanada ou apenas frouxa, haverá mau contato entre a base, o fusível e a tampa, fazendo com que o fusível se aqueça e se queime.

1.12.1.9 – Base com a rosca espanada ou amassada

Se a tampa estiver com a rosca espanada ou amassada, haverá mau contato entre a base, o fusível e a tampa, fazendo com que o fusível se aqueça e se queime.

Esses defeitos, além de provocarem a queima do próprio fusível, fazem o motor "roncar" e aquecer excessivamente.

aplicação

Um eletricista observa que está havendo um mau contato entre a base e o fusível diazed. Que defeito(s) pode(m) ocasionar este fato?

CAUSA	DEFEITOS POSSÍVEIS
Mau contato entre a base, o fusível e a tampa.	• Base quebrada, trincada ou com a rosca espanada. • Parafuso de ajuste quebrado ou frouxo. • Tampa com rosca espanada ou frouxa.

1.12.2 – Defeitos quanto à corrente nominal

1.12.2.1 – Fusíveis com valor de corrente nominal menor do que o previsto no esquema da máquina

Se for colocado fusível com corrente nominal menor do que a prevista no esquema, haverá a sua queima no momento de partida da máquina (dando a impressão de sobrecarga).

1.12.2.2 – Fusíveis com valor de corrente nominal maior do que o previsto no esquema da máquina

Se for colocado fusível com corrente nominal maior do que a prevista no esquema, o fusível poderá não proteger a instalação contra uma sobrecarga.

1.12.3 – Defeitos quanto à ação do elo de fusão

1.12.3.1 – Fusíveis de ação rápida ou ultra-rápida, colocados em circuitos indutivos

Se for colocado fusível rápido ou ultra-rápido em instalações de motores, haverá a sua queima no momento da partida da máquina (dando a impressão de sobrecarga).

1.12.3.2 – Fusíveis de ação retardada, colocados em circuitos resistivos

Se for colocado fusível retardado em instalações de resistores ou dispositivos eletrônicos a semi-condutores, o fusível não protegerá a instalação contra uma sobrecarga.

nota

Quando um fusível se queima em uma instalação, o defeito nem sempre é dele: pode ser em algum outro dispositivo ou componente da instalação.

1.13 – Manutenção das bases e fusíveis-cartucho, diazed, silized, neozed e NH

Ao realizar a manutenção elétrica é necessário que o eletricista proceda observando os seguintes passos: identificação do defeito; sua localização e sua correção.

Há procedimentos específicos em relação aos diferentes tipos de fusíveis. Isto será estudado a seguir.

1.13.1 – Manutenção quanto à continuidade nas bases e fusíveis-cartucho e NH

1.13.1.1 – O possível defeito

a – Base quebrada ou trincada.

b – Garras ou mandíbulas sujas de óleo, oxidadas ou relaxadas (sem pressão).

c – Mola de garra quebrada ou fora da posição.

d – Parafusos dos bornes soltos, frouxos ou oxidados.

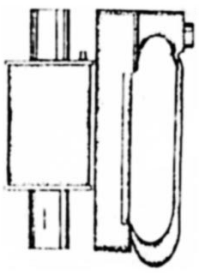
Esses defeitos provocam a queima do próprio fusível, fazem o motor "roncar" e aquecer excessivamente, além de provocar paradas desnecessárias da máquina.

1.13.1.2 – Localização do defeito

Para localizar o defeito é preciso fazer uma inspeção nas bases de todos os fusíveis da máquina, do seguinte modo:

1– Desligar o circuito e colocar aviso de manutenção.

Verificar se há alguma base de fusíveis quebrada.



2 – Retirar os fusíveis e observar se as garras ou mandíbulas estão exercendo pressão nos contatos dos fusíveis (se o fusível sair da base com muita facilidade, a pressão não está adequada). Se o fusível for NH, utilize o saca-fusível, conforme figura ao lado.

Verificar se os contatos estão com fuligem (fumaça depositada entre os contatos dos fusíveis e bases), sinal de mau contato entre a base e o fusível.

Verificar se os contatos estão sujos de óleo ou com acúmulo de poeira.

Verificar se as molas de pressão das garras estão quebradas ou fora da posição.

3 – Reapertar, com uma chave de fenda, todos os parafusos dos bornes (de entrada e saída), em todas as bases de fusíveis da máquina.

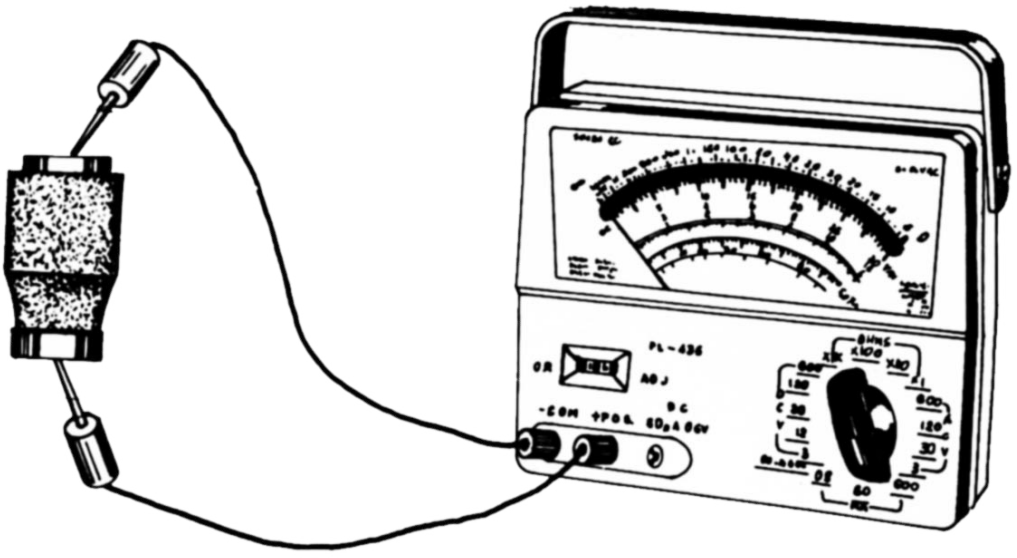
Ao reapertar os parafusos, observar se não há rosca espanada (na base ou no parafuso).

4 – Medir a continuidade do elo fusível com um ohmímetro ou lâmpada em série.

nota

Para saber se um fusível está queimado, pode-se fazer um exame visual nas espoletas ou nos indicadores de queima, mas o mais garantido é medir a continuidade.

Se o valor medido com o ohmímetro for zero, o fusível não está queimado; se o valor for infinito, o elo, naturalmente, está fundido.



Se a lâmpada em série com o fusível acender, ele não está queimado; caso contrário, o elo está queimado.

1.13.1.3 – Correção do defeito

Na maioria das vezes, a correção de defeitos é feita substituindo-se a base e/ou o fusível. Para isso, é necessário:

1 – desligar o circuito e colocar aviso de manutenção.

2 – trocar a base de fusíveis, se ela apresentar os seguintes defeitos:
- rosca dos bornes espanada;
- garra relaxada ou fundida;
- mola de pressão ou garra quebrada.

3 – trocar o parafuso do borne se a rosca estiver espanada, ou se a fenda estiver danificada.

4 – colocar a mola de pressão da garra se ela estiver fora da posição.

5 – trocar o fusível se ele apresentar os seguintes defeitos:
- vazamento de areia;
- elo interrompido;
- virola ou faca fundida.

6 – limpar os contatos das bases e dos fusíveis com fluido especial ou lixa fina.

notas

1 - Existem vários tipos de fluidos especiais para limpeza de contatos, inclusive em "spray". Exemplo: Contact Clemmer.

2 - Quando um fusível NH ou cartucho com corpo de porcelana estiver queimado, troque o fusível completo. Não substitua apenas o elo, pois dificilmente se encontra um elo adequado para estes tipos de fusíveis.

1.13.2 – Manutenção quanto à continuidade nas bases e fusíveis diazed, silized e neozed

1.13.2.1 – O possível defeito

1 – Base, tampa ou parafuso de ajuste quebrado.

2 – Tampa ou parafuso de ajuste frouxo (desapertado).

3 – Rosca da base ou da tampa espanada.

4 – Parafusos dos bornes frouxos, oxidados ou com a rosca espanada.

1.13.2.2 – Localização do defeito

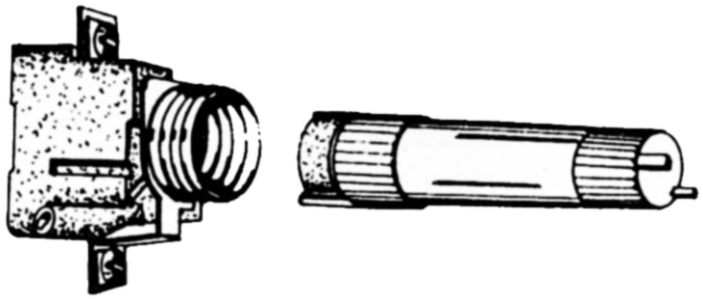
Para localizar o defeito, é preciso fazer uma inspeção em todas as bases e fusíveis, do seguinte modo:

1 * Desligar o circuito e colocar aviso de manutenção.

* Verificar se a tampa ou a base está quebrada ou trincada. Se a base for fechada, retirar a proteção, desapertando os parafusos de fixação da proteção.

2 * Retirar a tampa com o fusível e verificar se o parafuso de ajuste está quebrado ou frouxo.

* Reapertar o parafuso de ajuste com a chave própria.



02

Chaves Seccionadoras

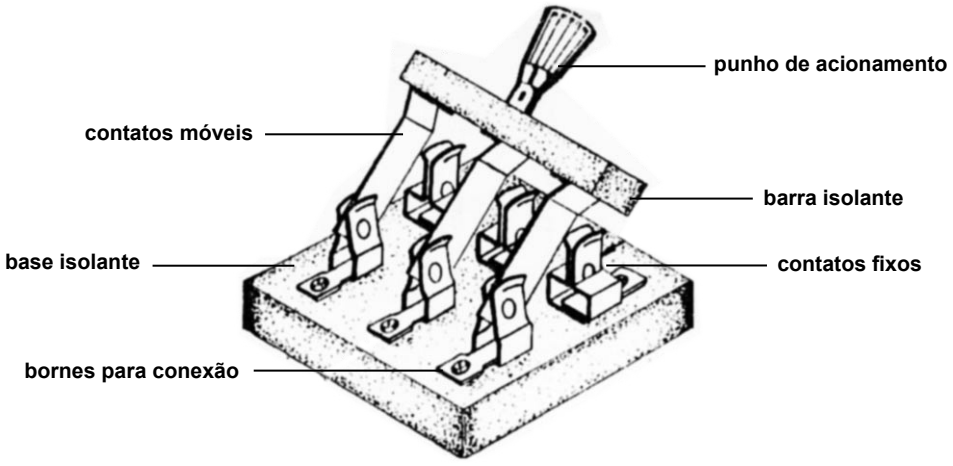
2 – Chaves seccionadoras

2.1 – Conceito

As chaves seccionadoras são dispositivos elétricos que servem para fechar ou abrir um circuito. Elas são construídas de forma diferente de interruptores, pois é necessário que se vejam seus contatos quando estão abertos ou fechados.

Para maiores detalhes, você conhecerá o conceito de chave seccionadora, segundo as normas da ABNT.

A chave seccionadora é um dispositivo elétrico de manobra mecânica manual que, para evitar risco de acidentes, garante, na posição desligada (aberta), uma distância entre seus contatos, capaz de não permitir a passagem da corrente elétrica. São constituídas de uma base isolante, com contatos móveis e fixos, bornes de conexão e punho ou manípulo de acionamento.



As chaves seccionadoras têm a função de permitir ao eletricista fazer a manutenção com o circuito desligado. Por isso, é necessário – conforme o estabelecido no conceito – que se mantenha uma distância de isolamento entre seus

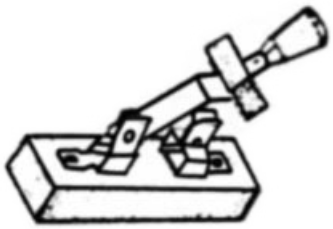
contatos, capaz de não permitir a passagem da corrente elétrica; caso contrário, ela não ofereceria segurança ao eletricista.

Além disso, estas chaves não são próprias para comando direto de máquinas, pois é preciso primeiro desligar as máquinas, para depois desligar as chaves seccionadoras.

2.2 – Tipos

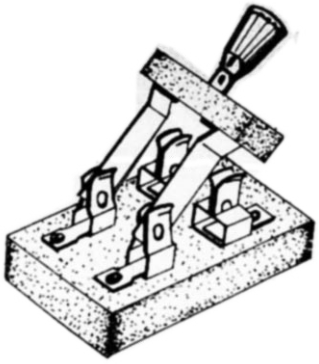
As chaves seccionadoras podem ser classificadas em relação ao número de elementos (pólos) ou em relação ao tipo de abertura (com ou sem carga).

2.2.1 – Quanto ao número de elementos



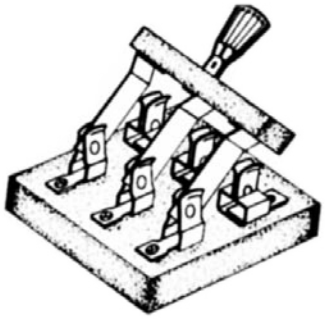
2.2.1.1 – Monopolares

Constituídas de apenas um elemento (este elemento é chamado de pólo), por isso o termo monopolar.



2.2.1.2 – Bipolares

Constituídas de dois elementos.Eles são ligados e desligados ao mesmo tempo.



2.2.1.3 – Tripolares

Constituídas de três elementos, que são ligados e desligados ao mesmo tempo.

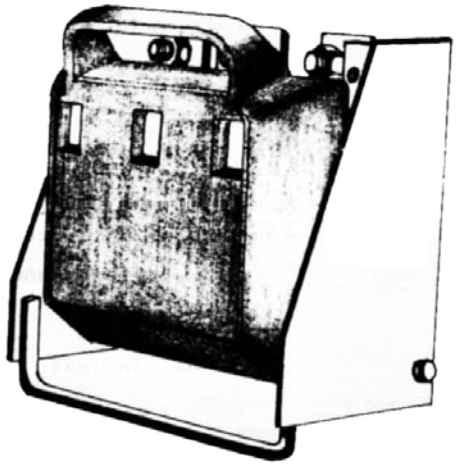
A chave seccionadora tripolar é própria para instalações trifásicas.

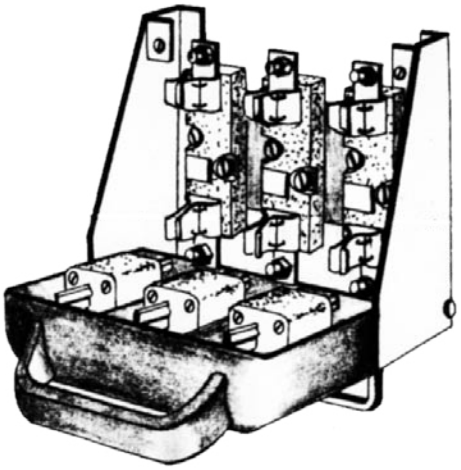
2.2.2 – Quanto ao tipo de abertura

Existem chaves seccionadoras de abertura sem carga, ou seccionador a vazio. Existem, também, chaves seccionadoras de abertura sob carga, ou seccionador com carga, ou de abertura rápida.

2.2.2.1 – Chave(s) seccionadora(s) de abertura sem carga

As chaves seccionadoras de abertura sem carga só podem ser "operadas"(ligadas ou desligadas), quando *não houver* corrente no circuito, ou quando a corrente tiver um valor muito pequeno.



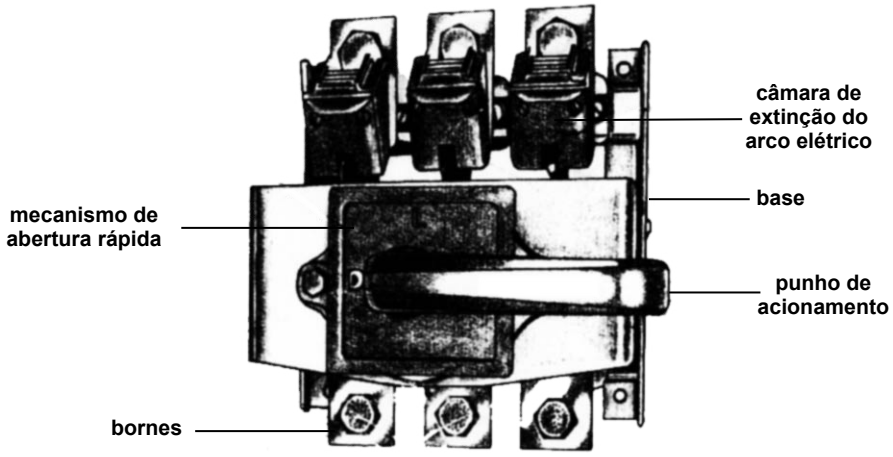


Este tipo de chave não é de abertura rápida, pois a rapidez de fechamento e abertura dos contatos depende do operador.

2.2.2.2 – Chaves seccionadoras de abertura sob carga

Essas chaves podem ser "operadas" *mesmo havendo* corrente no circuito, pois são dotadas de câmara de extinção do arco elétrico e um mecanismo que aumenta a rapidez em sua abertura.

A rapidez de abertura e de fechamento deste tipo de chave não depende do operador.



2.3 – Câmara de extinção do arco elétrico

2.3.1 – Conceito

A câmara de extinção é um compartimento da chave seccionadora de abertura sob carga, que envolve os contatos fixos e móveis.

Sua função é de extinguir a "faísca" ou arco elétrico que surge, quando se interrompe um circuito elétrico.

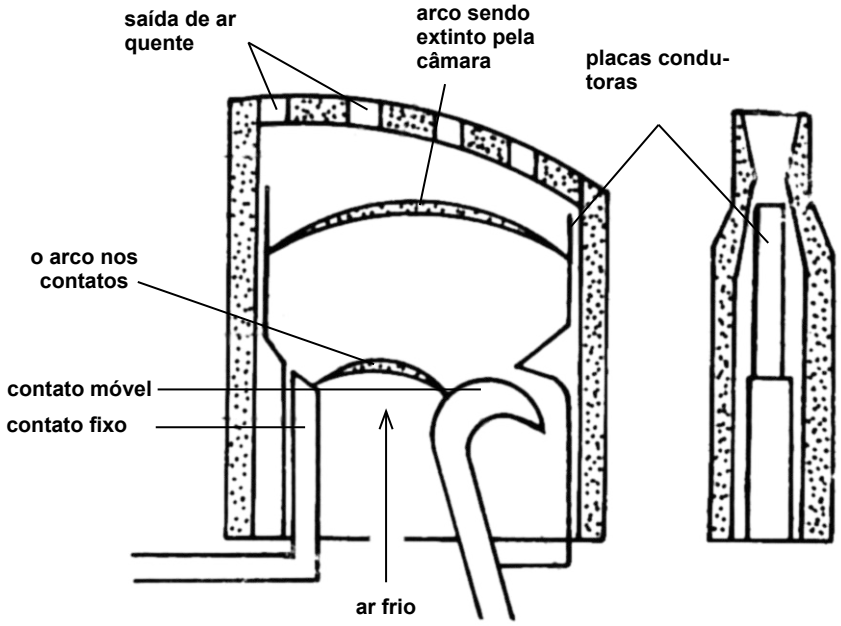
O arco caminha, em virtude da ação da força do campo magnético, criado pela própria corrente do arco e é dirigido do ponto de contato para fora. A corrente só pára de circular, quando o arco é extinto pela câmara. Se o arco elétrico não for extinto, ele danifica os contatos fixos e móveis das chaves seccionadoras, podendo, inclusive, fundir os contatos.

2.3.2 – Tipos

Há vários tipos de câmara de extinção do arco elétrico. Os mais usados em chaves seccionadoras são a câmara de cerâmica; câmara com lâminas, e a câmara com dispositivo para prolongamento do arco.

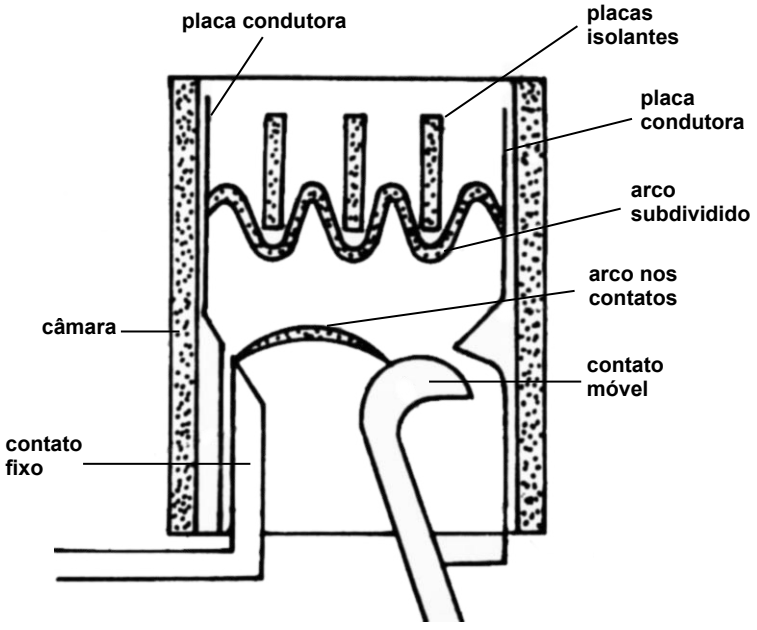
2.3.2.1 – Câmara de cerâmica

Nessa câmara, o arco elétrico é extinto devido a uma refrigeração do ar dentro dela, que forma um canal com entrada de ar frio e saída de ar quente (efeito de chaminé). Quando o arco é formado, ele aquece o ar, e a câmara com o canal provoca o deslocamento do ar, extinguindo o arco elétrico.



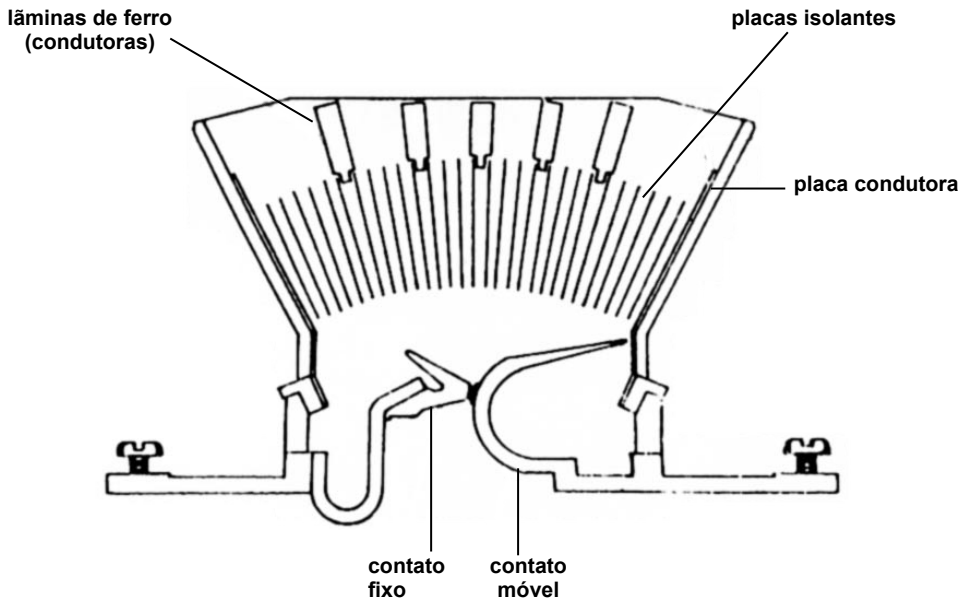
2.3.2.2 – Câmara com lâminas

Nessa câmara, o arco elétrico é extinto através de sua subdivisão. A câmara é formada por placas de ferro, que dividem o arco inicial em vários outros, de pequenas proporções.

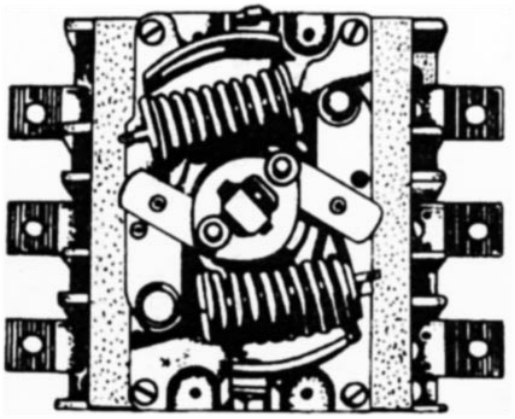


2.3.2.3 – Câmara com dispositivo para prolongamento do arco

Nesse tipo de câmara, o arco é extinto através de várias placas isolantes, colocadas entre duas placas condutoras ligadas nos contatos, que forçam o arco elétrico a se prolongar, passando pelas placas isolantes. Com o prolongamento do arco há uma queda de tensão e, conseqüentemente, sua extinção.



2.4 – Características da interrupção rápida da chave seccionadora de abertura sob carga



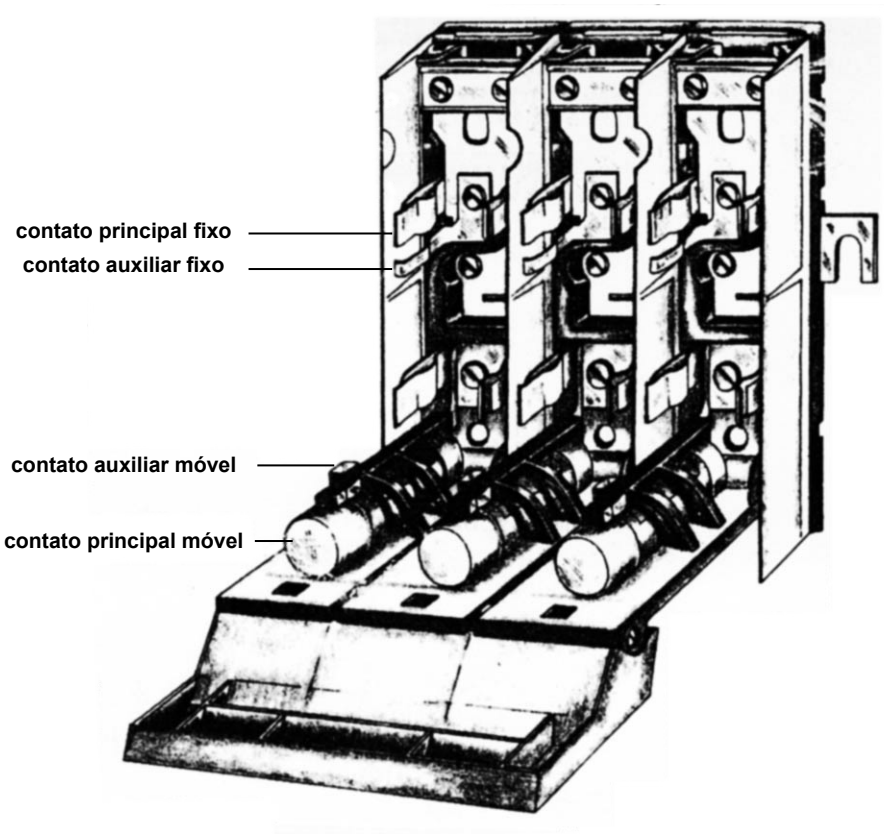
As chaves seccionadoras de abertura sob carga, além de possuírem as câmaras de extinção do arco elétrico, possuem também um mecanismo com molas, que aumenta a velocidade de abertura do circuito.

O tempo de abertura da chave é importante, pois se a abertura for lenta, o arco elétrico é capaz de fundir os contatos. O mecanismo com molas obriga os contatos a abrirem o circuito rapidamente, o que impede a fusão dos contatos.

2.4.1 – Importância dos contatos auxiliares

Há certos tipos de chaves seccionadoras de abertura sob carga, que usam um sistema de contatos auxiliares, para evitar que o arco elétrico queime os contatos principais.

Os contatos auxiliares são curvados, de modo a extinguirem o arco elétrico, por alongamento.



Quando a chave é ligada, os contatos auxiliares se fecham primeiro, para depois se fecharem os contatos principais.

Quando a chave é desligada, os contatos principais se abrem, para depois se abrirem os contatos auxiliares.

2.5 – Características das chaves seccionadoras de abertura sem carga

As chaves seccionadoras de abertura sem carga, ou seccionadoras a vazio, têm as seguintes características:

- base isolante feita de ardósia ou esteatita;
- contatos móveis deslizantes feitos de cobre com banho de prata, geralmente em forma de faca. (Dá-se o nome de contato deslizante, quando o contato móvel (faca) encaixa no contato fixo (mandíbula), sob pressão das molas da própria mandíbula.);
- contatos fixos em forma de garra e feitos do mesmo material isolante;
- punhos para manobra feitos de ebonite ou outro material isolante;
- bornes para conexão de cobre estanhado, ou com banho de prata, com parafusos.

Quando a faca encaixa na mandíbula, a pressão exercida pela mola da mandíbula permite que os contatos fiquem sempre limpos.

2.6 – Características das chaves seccionadoras de abertura sob carga

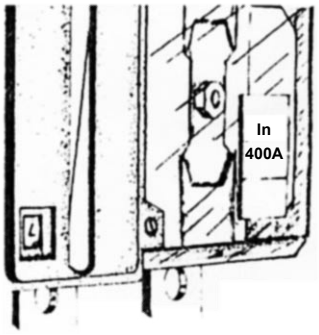
As chaves seccionadoras de abertura sob carga têm as seguintes características:

- base isolante de esteatita ou melamina (material sintético, com características superiores às da ardósia);
- contatos móveis deslizantes feitos de cobre banhado de prata, geralmente em forma de faca;
- contatos fixos do mesmo material dos móveis, e em forma de garra;
- punho para manobra feito de ebonite ou melamina;
- bornes de cobre banhado com prata, com parafusos, porcas e arruelas;
- câmara de extinção de cerâmica, lâminas de interrupção ou com dispositivo para prolongamento do ar;
- mecanismo com molas para interrupção rápida;
- contatos auxiliares feitos de cobre, com banho de prata.

2.7 – Características elétricas das chaves seccionadoras

2.7.1 – Corrente nominal

A corrente nominal de uma chave seccionadora está relacionada com os contatos e mostra que valor máximo de corrente os contatos são capazes de conduzir sem se aquecerem, quando a chave estiver ligada.



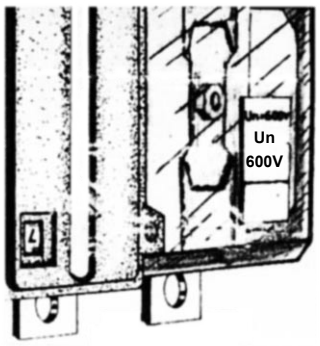
A corrente nominal das chaves seccionadoras depende da corrente da carga, e vem indicada na placa de características referentes a elas (In).

exemplo

Uma chave seccionadora de corrente nominal (In) de 400A é capaz de funcionar normalmente (sem aquecer) num circuito cujo valor de corrente não ultrapasse os 400A.

2.7.2 –Tensão nominal

A tensão nominal das chaves seccionadoras está relacionada com a base isolante, com o punho de acionamento e com a distância que separa um pólo do outro.



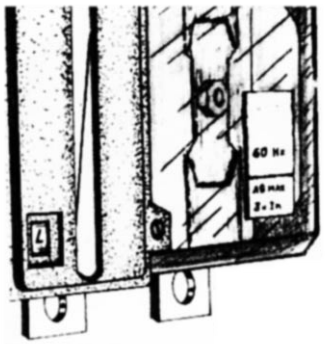
A tensão nominal (Un) também vem escrita nas placas das chaves e, sendo de baixa tensão, o valor nominal é de 500VCA e 600VCC.

exemplo

Uma chave seccionadora, com tensão nominal de 600V, pode ser instalada em circuitos de corrente contínua onde o valor máximo seja de 600VCC, ou em circuitos de corrente alternada onde o valor máximo seja de 500VCA.

2.7.3 – Corrente máxima de abertura

A corrente máxima de abertura é a capacidade de abrir um circuito quando a chave é de abertura sob carga. Está relacionada com a câmara de extinção do arco e o mecanismo de interrupção rápida, ou com os contatos auxiliares.



A corrente máxima de abertura vem escrita, apenas, nas chaves de abertura sob carga, geralmente com um valor de três vezes a corrente nominal – (3x In).

exemplo

Uma chave seccionadora de abertura sob carga, com corrente nominal de 100A (In = 100A), é capaz de interromper um circuito, sem se danificar, caso haja corrente anormal de até 300A no máximo, pois 3 x 100A = 300A.

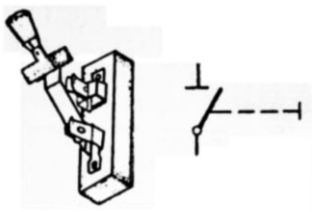
2.7.4 – Freqüência nominal

Essa característica, que vem determinada em alguns tipos de chaves seccionadoras, está relacionada com o tipo de material empregado na fabricação dos contatos e da câmara de extinção do arco elétrico. Vem escrita da seguinte forma: fn (= freqüência nominal) e, geralmente, com os valores de 50/60Hz.

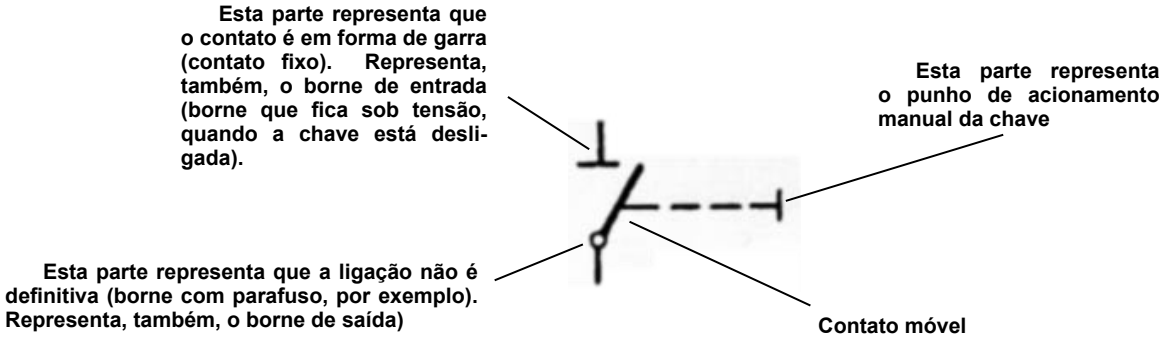
2.8 – Representação das chaves seccionadoras nos esquemas elétricos

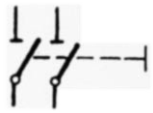
Há diferentes símbolos para essa representação, de acordo com as normas ABNT, DIN, UTE, IEC.

Usaremos sempre, neste trabalho, os símbolos sugeridos pela ABNT.

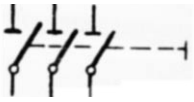


Este é o símbolo da chave seccionadora unipolar, segundo a ABNT, em esquema **multifilar**.

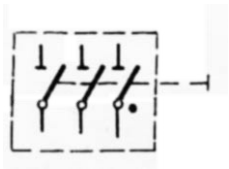




Para chave seccionadora bipolar, o símbolo é o representado à esquerda. Nele, a linha tracejada, passando pelos contatos móveis, representa a barra isolante, que permite o fechamento e a abertura dos dois contatos ao mesmo tempo.

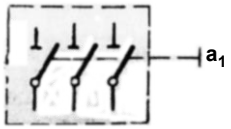


Símbolo da chave seccionadora tripolar.



Normalmente, as chaves são blindadas e o símbolo se apresenta conforme ilustração ao lado.

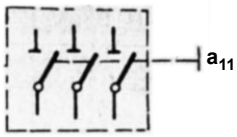
Segundo a ABNT, as blindagens devem ser aterradas.



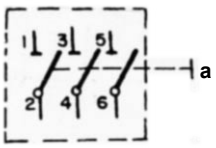
A identificação literal é feita de modo idêntico à do fusível.

A letra (a) minúscula, acompanhada de um número com um algarismo indica chave seccionadora do circuito de alimentação:

(a_1 - a_2 - a_3 - etc).

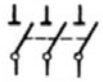


A letra (a) minúscula, acompanhada de um número com mais de um algarismo, indica chave seccionadora do circuito de distribuição (a_{11} - a_{12} - a_{13} - etc).



Algumas chaves trazem os bornes numerados. Os números ímpares referem-se aos bornes de entrada e os pares, aos de saída.

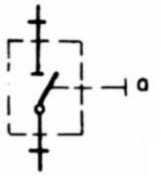
A seguir, o símbolo geral das chaves seccionadoras, segundo outras normas, para efeito de comparação:

ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
				

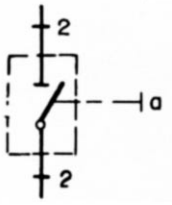
• Os símbolos mostram, apenas, como são feitos os contatos e onde se devem ligar os condutores.

• Os símbolos não mostram a câmara de extinção do arco elétrico, nem o mecanismo de molas das chaves seccionadoras de abertura sob carga.

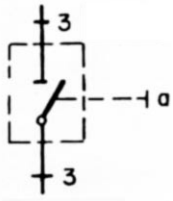
Quando o esquema for **unifilar**, o símbolo da chave seccionadora mostra apenas um elemento (pólo), e indica o número de condutores que ela interrompe.



Chave seccionadora unipolar blindada (Representação para esquemas unifilares).



Chave seccionadora bipolar blindada (Representação para esquemas unifilares).

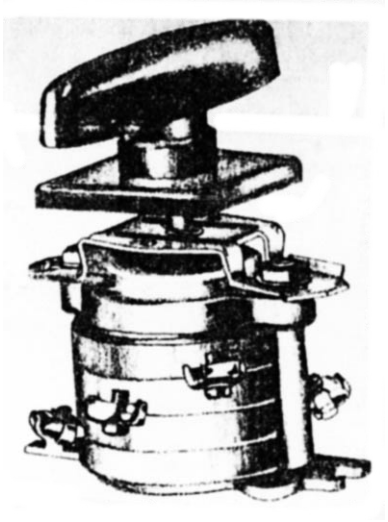


Chave seccionadora tripolar blindada (Representação para esquemas unifilares).

2.9 – Chave tipo pacco

As chaves seccionadoras tipo pacco são de acoplamento rotativo, têm abertura sob carga (2 x In), e contatos deslizantes. São chaves próprias para montagem em caixas blindadas.

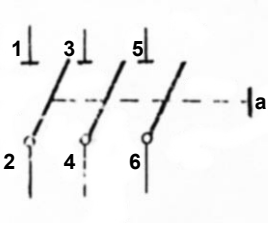
Embora este tipo de chave tenha forma diferente das chaves faca, o símbolo para sua identificação é o mesmo. Os bornes de entrada e saída são identificados pela numeração.



Chave seccionadora tipo pacco

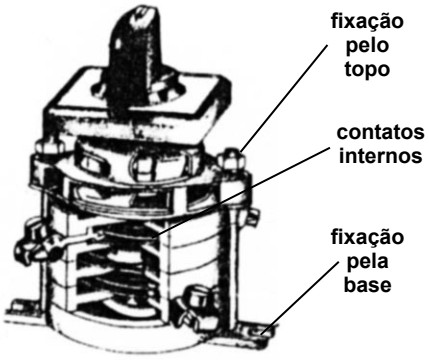
Características:

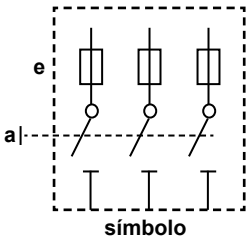
In	Un
16A - 25A 40A - 63A 100A	600V



O corpo das chaves pacco é feito de melamina e estas chaves podem ser fixadas pelo topo ou pela base. Não sendo possível ver os seus contatos, este tipo de chave necessita de uma indicação de posição *liga/desliga*.

Para maior facilidade de montagem das instalações, esta chave pode ser colocada em uma caixa metálica e ligada a três fusíveis diazed.



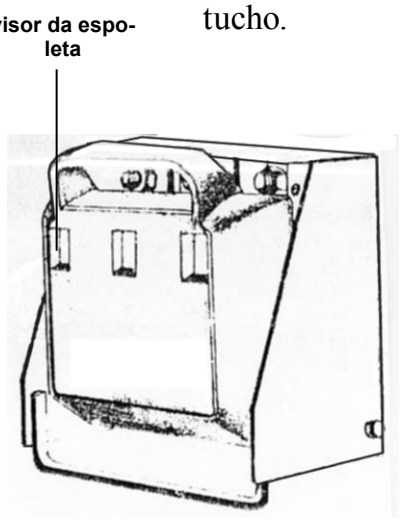


2.10 – Chave seccionadora fusível

Chaves seccionadoras fusíveis, ou seccionadores-fusíveis, são chaves de abertura sem carga, que reúnem, em um só dispositivo, as funções de interromper circuitos e de proteger contra sobrecarga e curto-circuito. São compostas de base e tampa.

2.10.1 – Tipos

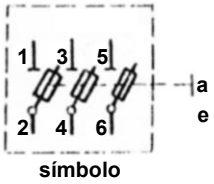
Basicamente existem dois tipos de chaves seccionadoras com fusíveis: chave seccionadora para fusíveis NH e chave seccionadora para fusíveis-cartucho.



2.10.1.1 – Chave seccionadora NH

Características

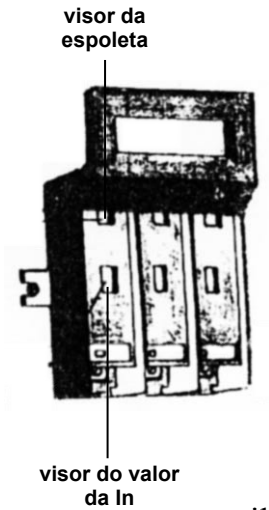
In	Un
100A 150A 200A	500V



A base é própria para fusíveis NH. Por isto, este tipo de chave é chamado de seccionadora NH. Na base ficam os contatos fixos.

A tampa da chave NH é feita de um material isolante auto-extinguível (não propaga o fogo) e alta resistência mecânica, pois o acionamento é feito através da pressão exercida no punho. Os visores permitem ver se os fusíveis, que se prendem à tampa, estão queimados, sem necessidade de retirá-la.

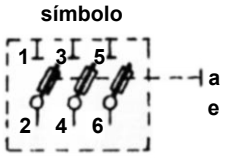
Os fusíveis servem também de contatos móveis da chave.



2.10.1.2 – Chave seccionadora para fusíveis-cartucho

Características

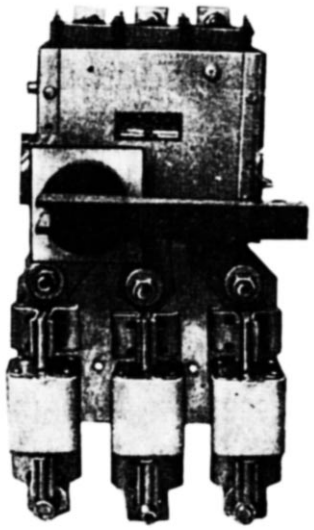
In	Un
20A 40A 100A	500V



A base é própria para fusíveis-cartucho, com contatos em forma de virola e corpo de porcelana. Na base ficam os contatos principais e auxiliares fixos. Na tampa ficam os contatos principais e auxiliares móveis.

Neste tipo de chave há dois visores: um, para ver se o fusível está queimado; outro, para ver o valor da corrente nominal (In) dos fusíveis.

2.11 – Chave seccionadora para painel sob carga

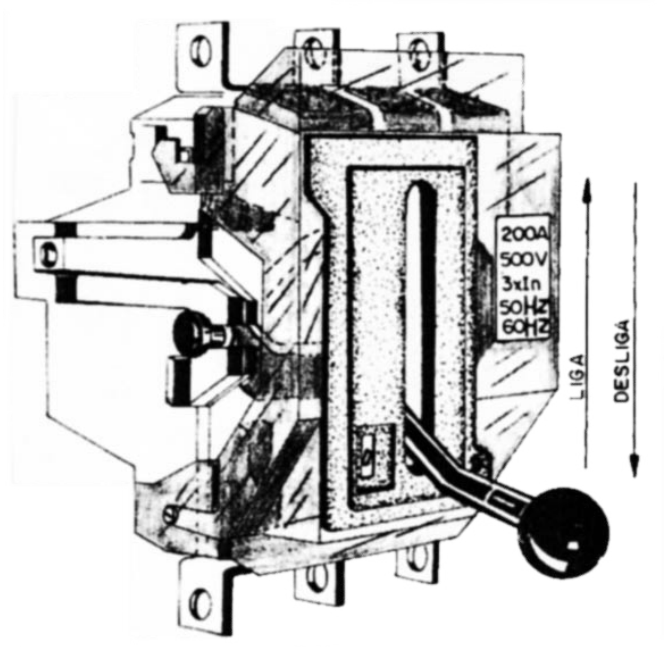


Chaves seccionadoras para painel são chaves seccionadoras de abertura sob carga, próprias para serem instaladas em painéis de proteção de máquinas elétricas. São dotadas de câmara de extinção do arco elétrico e mecanismo de interrupção rápida.

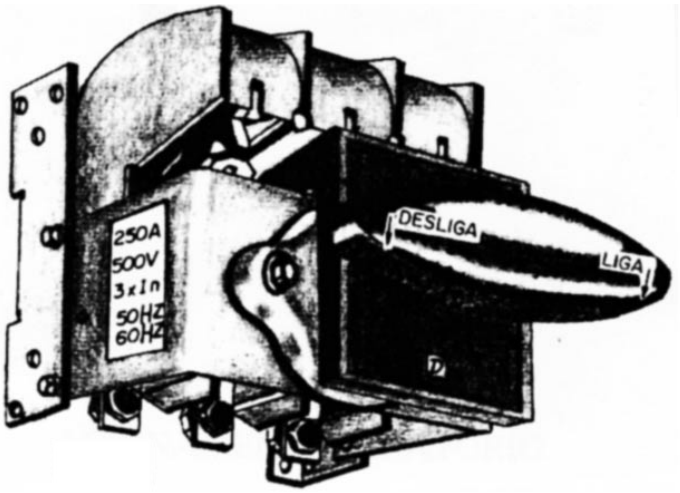
Devido a sua constituição robusta (resistente), estes tipos de chaves são mais utilizados em indústrias. São próprios para interromper circuitos elétricos de médias e grandes potências.

No exemplo do painel ao lado, você pode observar, sob carga, a chave seccionadora, que deve suportar a corrente de várias máquinas.

Estas chaves seccionadoras para painel podem ter seu acionamento giratório ou linear.



acionamento linear



acionamento giratório

2.11.1 – Chave seccionadora de acionamento giratório sob carga

In	Un	I max / de abertura	fn
200A - 400A 630A	Até 1000Vca	3 x In	50/60Hz

• A câmara de extinção é do tipo de lâminas, que extingue o arco elétrico, por redução, em vários outros arcos.

• A vida útil de 30.000 manobras, das chaves seccionadoras para painel, é preservada pelo mecanismo de interrupção rápida, por molas.

2.11.2 – Chave seccionadora de acionamento linear sob carga

In	Un	I max / de abertura	fn
250A 400A	600Vca	3 x In	50/60Hz

• A câmara de extinção destas chaves é do tipo lâminas condutoras e isolantes duplas, e extingue o arco por prolongamento.

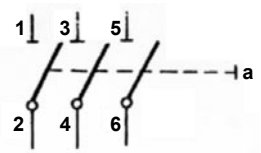
• A vida útil destas chaves é de 40.000 manobras e é preservada pelo mecanismo de interrupção rápida, por molas.

2.12 – Funcionamento das chaves seccionadoras

O funcionamento das chaves seccionadoras depende das condições dos contatos fixos, móveis e do isolamento.

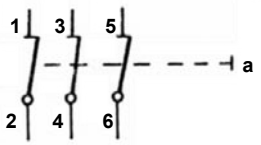
Supondo que a chave esteja ligada a um circuito qualquer, vamos mostrar o funcionamento em quatro etapas.

2.12.1 – Funcionamento da chave seccionadora de abertura sem carga



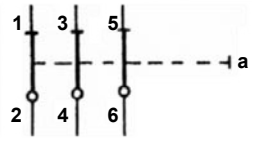
1ª etapa - na posição aberta (chave desligada).

Na posição aberta, os bornes de entrada (1 - 3 - 5) da chave estão sob tensão mas não há passagem de corrente para os bornes de saída (2 - 4 - 6), pois os contatos estão abertos.



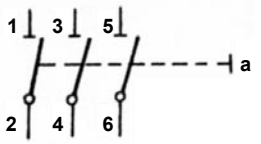
2ª etapa - no momento em que se liga a chave.

Para se ligar este tipo de chave, é necessário desligar os circuitos, situados depois da chave. Desta forma, a chave pode ser ligada, normalmente, e os bornes de saída (2-4-6) ficam também sob tensão.



3ª etapa - na posição fechada (chave ligada).

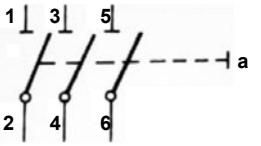
Estando a chave ligada, os circuitos podem ser ligados depois da chave e os contatos (1-2), (3-4), (5-6) vão agora suportar toda a corrente da carga, de acordo com o seu valor nominal.



4ª etapa - no momento em que se desliga a chave.

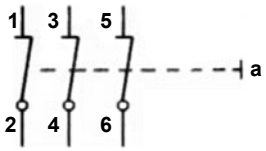
Para desligar este tipo de chave, é necessário desligar os circuitos, situados depois da chave. Desta forma, a chave pode ser desligada, sem perigo de o arco elétrico danificar os seus contatos.

2.12.2 – Funcionamento da chave seccionadora de abertura sob carga



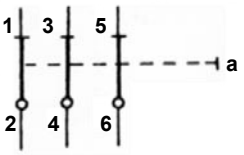
1ª etapa - na posição aberta (chave desligada).

Nesta posição, o funcionamento é o mesmo da chave estudada anteriormente.



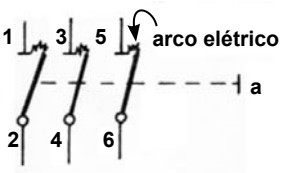
2ª etapa - no momento em que se liga a chave.

Este tipo de chave pode ser ligado com carga e, no instante em que se liga, a corrente passa pelos contatos (1-2), (3-4), (5-6) e vai aumentando até atingir seu valor nominal. Se a carga for um motor elétrico, a corrente na partida é de aproximadamente 5 x In.



3ª etapa - na posição fechada (chave ligada).

Com a chave ligada, os contatos (1-2), (3-4), (5-6) devem suportar as correntes que passam por eles, desde que estejam com seus valores nominais iguais aos da corrente da carga, sem se aquecerem em demasia, durante todo o tempo em que o circuito estiver ligado.



4ª etapa - no momento em que se desliga a chave.

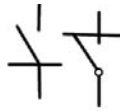
Este tipo de chave pode ser desligado sob carga e, no instante em que se desliga, a corrente que estava passando do contato fixo para o móvel, diretamente, tende a continuar, passando pelo arco elétrico. No entanto, a câmara o extingue, e o dispositivo de abertura rápida obriga os contatos móveis a voltarem à sua posição aberta (desligado), não permitindo que a corrente elétrica continue a circular.

2.13 – Símbolos qualificativos de contatos, conforme a NBR 12523/1992

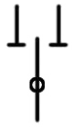
Símbolos	Descrição
	Função contador
	Função disjuntor
	Função seccionador
	Função interruptor-seccionador
	Função abertura automática
	Função contato na posição NOTAS: a) Este símbolo pode ser usado por um interruptor de posição, quando não for necessário indicar seu modo de operação. Nos casos onde for necessário indicar modo de operação do contato, devem-se empregar em seu lugar os símbolos 3.13.9 a 3.13.16, da NBR 12519. b) Este símbolo é colocado dos dois lados do símbolo de contato, quando o interruptor é acionado mecanicamente nos dois sentidos.

◁	Função de retorno automático NOTAS: a) Este símbolo pode ser usado para indicar o retorno automático. Quando esta convenção é usada, ela deve ser convenientemente indicada. b) Este símbolo não deve ser usado com os símbolos qualificativos 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 desta seção. Em alguns casos, o símbolo 3.12.7 da NBR 12519 pode ser usado.
◯	Função de posição mantida NOTAS: a) Este símbolo pode ser usado para indicar a posição mantida. Quando esta convenção é usada, ela deve ser convenientemente indicada. b) Este símbolo não deve ser usado com os símbolos qualificativos 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 desta seção. Em alguns casos, o símbolo 3.12.8 da NBR 12519 pode ser usado.

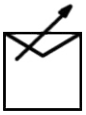
Contatos com duas ou três posições

Símbolo	Descrição
forma 1 forma 2 	Contato de fechamento (contato normalmente aberto) NOTA: Este símbolo é igualmente usado como símbolo geral de interruptor.
	Contato de abertura(contato normalmente fechado)
	Contato com duas direções sem cruzamento (abertura antes do fechamento)
	Contato de duas direções com posição intermediária de abertura
forma 1 forma 2	Contato de duas direções com cruzamento (fechamento antes da abertura)
	Contato com dois fechamentos

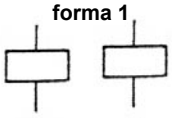
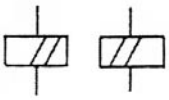
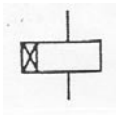
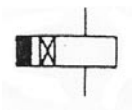
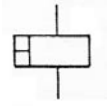
Dispositivos mecânicos de conexão/manobra

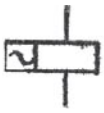
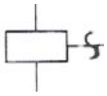
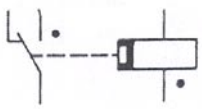
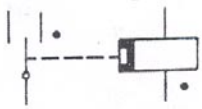
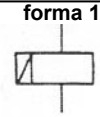
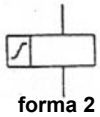
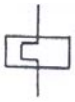
Símbolo	Descrição
Usar símbolo 3.2.1 ou 3.2.2	Interruptor
	Contactor (com contato de fechamento)
	Contactor com abertura automática
	Contactor (com contato de abertura)
	Disjuntor
	Seccionador
	Seccionador de duas direções, com posição de isolamento intermediária
	Interruptor-seccionador
	Interruptor-seccionador com abertura automática

Símbolos funcionais de demarradores (dispositivos de partida) de motores

Símbolo	Descrição
	Demarrador de motor, símbolo geral NOTA: Símbolos qualificativos podem ser mostrados dentro do símbolo geral para indicar tipos particulares de demarradores. Ver símbolos 3.14.5, 3.14.7 e 3.14.8.
	Demarradores operando em degraus NOTA: O número de degraus pode ser indicado.
	Demarrador-regulador
	Demarrador com dispositivo de desligamento automático
	Demarrador direto, por contactor, para dois sentidos de funcionamento do motor
	Demarrador estrela-triângulo
	Demarrador por autotransformador
	Demarrador-regulador por tiristores

Órgãos de controle de relés eletromecânicos do tipo tudo ou nada

Símbolo	Descrição
forma 1 forma 2 forma 1 forma 2 forma 1   forma 2	Órgão de controle de um relé, símbolo geral NOTA: Um órgão de controle de um relé, comportando vários enrolamentos, pode ser representado pela inclusão de um número apropriado de traços inclinados. Exemplos: Órgãos de controle de um relé com dois enrolamentos separados, representação agregada Órgão de controle de um relé com dois enrolamentos separados, representação desenvolvida
	Órgão de controle de um relé com dispositivo de relaxamento retardado
	Órgão de controle de um relé com dispositivo de operação retardado
	Órgão de controle de um relé com dispositivo de operação e de relaxamento retardados
	Órgão de controle de um relé rápido (com dispositivo de operação e de relaxamento rápidos)
	Órgão de controle de um relé insensível à corrente alternada

	Órgão de controle de um relé à corrente alternada
	Órgão de controle de um relé à ressonância mecânica
	Órgão de controle de um relé com retenção mecânica
    	Órgão de controle de um relé polarizado NOTA: Pontos podem ser usados para indicar a relação entre a direção da corrente num enrolamento de um relé polarizado e o movimento de um elemento de contato, de acordo com o próximo parágrafo. Quando o terminal de enrolamento identificado por um ponto é positivo em relação ao outro terminal, o contato se desloca ou tende a se deslocar para a posição marcada com o ponto. Exemplos: Relé polarizado que opera para um só sentido de corrente no enrolamento e retorna automaticamente para a posição de repouso após o corte. Relé polarizado que opera para ambos os sentido da corrente no enrolamento e retorna automaticamente para a posição intermediária após o corte. Relé polarizado com duas posições estáveis
forma 1   forma 2	Órgão de controle de um relé remanente
	Órgão de controle de um relé térmico

03

Redes e Ramais Trifásicos

3 – Redes e ramais trifásicos

3.1 – Conceito

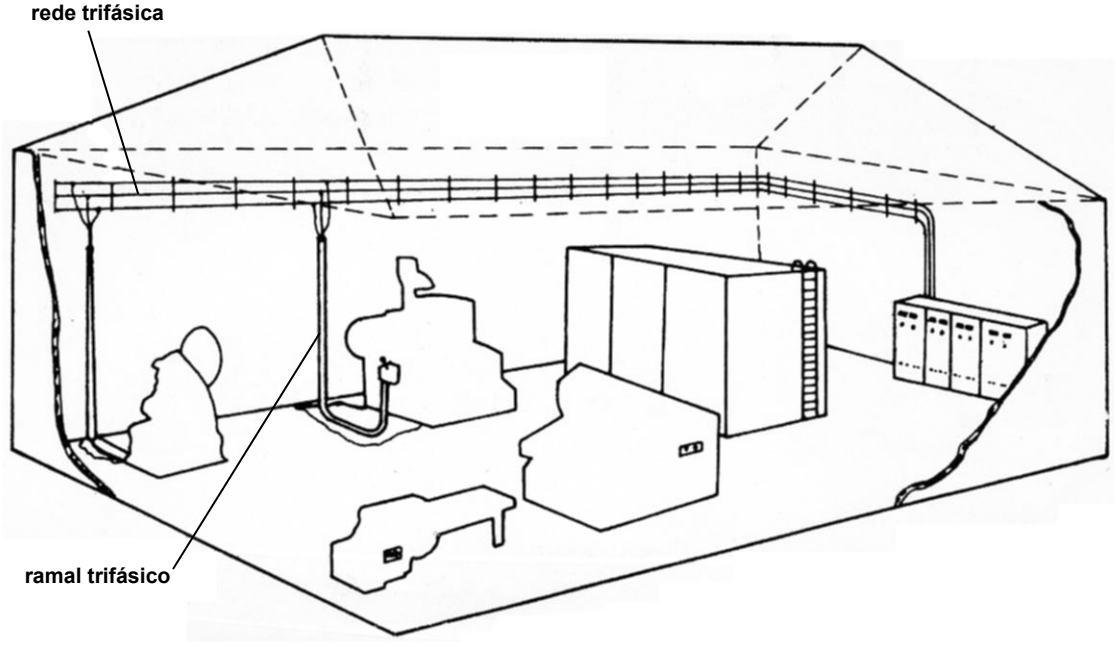
3.1.1 – Rede trifásica

Este tipo de rede é assim denominada por apresentar três condutores de fase os quais transportam energia elétrica, próximos aos pontos de força ou de máquinas elétricas, no caso de indústrias.

3.1.2 – Ramal trifásico

São condutores que, por estarem sempre ligados à rede trifásica, são denominados de ramais trifásicos.

Estes condutores transportam energia elétrica, diretamente aos pontos de força ou máquinas elétricas.



Algumas redes e ramais trifásicos apresentam-se com três condutores de fase e um condutor neutro. Nestes casos, recebem a denominação de rede e ramal trifásico a quatro fios.

Segundo as normas técnicas brasileiras, as redes e ramais trifásicos devem ter três condutores de fase e um condutor neutro aterrado. Nestes casos, recebem a denominação de redes e ramais trifásicos a quatro fios com neutro aterrado.

As redes e os ramais trifásicos podem ser usados para alta tensão ou baixa tensão.

Este livro trata apenas das redes de baixa tensão.

3.2 – Características das redes e ramais trifásicos

As características de uma rede trifásica têm a seguinte representação simbólica:

A seguir, será estudada, detalhadamente, cada característica.

3.2.1 – Quanto ao número de fases - (que a rede e o ramal transportam)

Sendo trifásica, sempre conduzirá três fases. Esta característica é representada pelo símbolo (3 ~), que se lê da seguinte forma:

REDE TRIFÁSICA

3 ~

OU

RAMAL TRIFÁSICO

Associado ao numero três (3), aparece o símbolo (~) da fase. (Rede ou ramal a três fios).

Como as fases são diferentes umas das outras, usam-se as letras R – S – T para distingui-las.

FASE R ———
FASE S ———
FASE T ———

Se a rede ou ramal for a quatro fios, usa-se a letra N para o neutro.

FASE R ———
FASE S ———
FASE T ———
NEUTRO N ———

Neste caso, o símbolo para esta característica representa-se da seguinte forma:

N - 3 ~ REDE TRIFÁSICA COM NEUTRO
OU
RAMAL TRIFÁSICO COM NEUTRO

3.2.2 – Quanto à tensão nominal

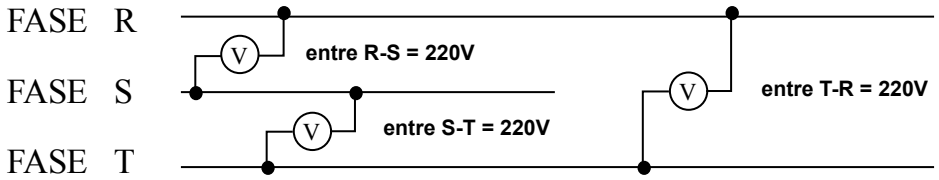
Os valores da tensão nominal são especificados pelas empresas fornecedoras de energia elétrica, exceto para casos em que a geração não é feita por elas.

Esta característica é representada, simplesmente, pelo valor numérico da tensão nominal, seguido do símbolo da unidade de medida, que é o volt (V).

Os valores mais usuais para redes e ramais trifásicos são:

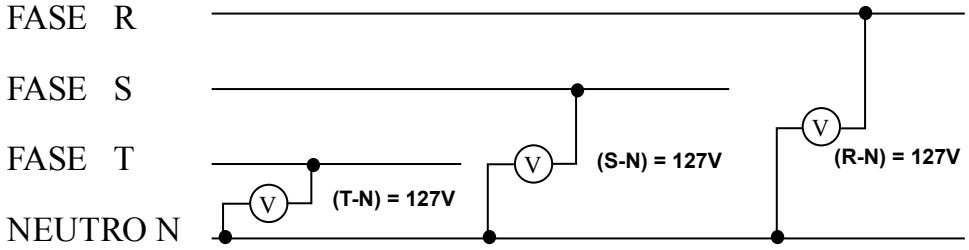
220V –380V – 440V – 760V

Estes valores são sempre medidos entre duas fases diferentes ou seja, entre as fases (R-S), (S-T), e (T-R). Veja o exemplo que se segue, para a tensão nominal de 220V.



É importante saber, também, os respectivos valores das tensões, quando medidos entre uma das fases e o neutro, ou seja (T-N), (S-N) e (R-N).

Veja exemplo para tensão nominal de 220V.



Para as outras tensões, veja o quadro abaixo, seguindo a direção da seta.

Quando a tensão nominal for de 220V ↓ a tensão entre uma fase e o neutro será de 127V.	Quando a tensão nominal for de 380V ↓ a tensão entre uma fase e o neutro será de 220V.	Quando a tensão nominal for de 440V ↓ a tensão entre uma fase e o neutro será de 254V.	Quando a tensão nominal for de 760V ↓ a tensão entre uma fase e o neutro será de 440V.

As máquinas elétricas só podem ser ligadas quando a tensão nominal do motor for igual à tensão nominal do ramal ou da rede.

3.2.3 – Quanto à freqüência

Para a freqüência, padronizou-se no Brasil o valor de 60Hz. Esta característica é representada pelo valor numérico da freqüência, seguido da unidade de medida, que é o Hertz (Hz).

Esta característica é muito importante, pois tanto as máquinas que serão ligadas ao ramal como este, que será ligado à rede, terão que ter, necessariamente, o mesmo valor de freqüência; caso contrário, haverá a queima de certos dispositivos elétricos das máquinas.

3.2.4 – Quanto à bitola dos condutores

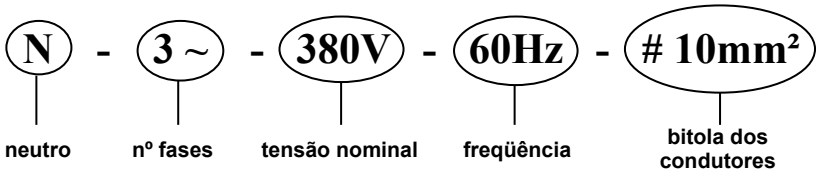
Os condutores de uma rede são dimensionados conforme a quantidade de máquinas que eles irão alimentar.

Quanto maior for o número de máquinas, maior será a bitola – seção transversal dos condutores – pois terá de conduzir a corrente elétrica de todas as máquinas que estiverem ligadas naquela rede (o excesso de carga numa rede aquece os condutores).

A bitola dos condutores é representada simbolicamente por (#), seguido do número do condutor e da sigla *mm²*, e se lê da seguinte forma:

#10mm² – bitola do condutor nº 10mm²

3.3 – Representação simbólica das características de uma rede trifásica com neutro



A representação simbólica acima é interpretada da seguinte forma:

Rede trifásica com condutor neutro, tensão nominal de 380V, freqüência de 60Hz e bitola dos condutores nº 10mm².

O quadro que se segue, representa as características de uma rede trifásica, com a simbologia usada por diferentes órgãos:

ABNT	DIN	ANSI	UTE	IEC
N - 3~ - 380V - 60Hz– # 10mm²	N - 3~ - 380V - 60Hz – # 10mm²	3 PHASE – 4 WIRE 60 CICLE – 380V	N - 3~ - 380V - 60Hz– # 10mm²	N - 3~ - 380V - 60Hz – # 10mm²

3.4 – Esquema multifilar e unifilar de redes e ramais trifásicos

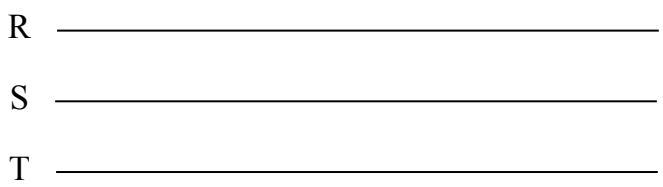
3.4.1 – Esquema multifilar de rede trifásica

Observe o exemplo que se segue, caracterizando uma rede trifásica.

3 ~ – 220V – 60Hz – # 10mm²

Essa rede é composta por três condutores de fase (3~). Para condutores de uma fase usamos as letras (R-S-T). A tensão nominal é de 220V. A freqüência é de 60Hz e a bitola dos condutores é # 10mm². Portanto, o esquema multifilar dessa rede terá todas as características representadas da seguinte forma:

3 ~ – 220V – 60Hz – # 10mm²



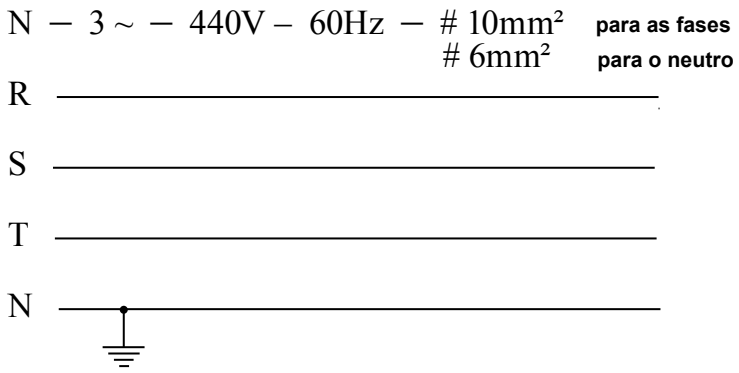
O próximo exemplo apresenta uma rede trifásica a quatro fios, com neutro aterrado, com as seguintes características:

N – 3 ~ – 440V – 60Hz – # 10mm²

O condutor neutro é identificado pela letra N e, como é aterrado, nele será indicado o símbolo de aterramento.

N – 3 ~ – 440V – 60Hz – # 10mm²

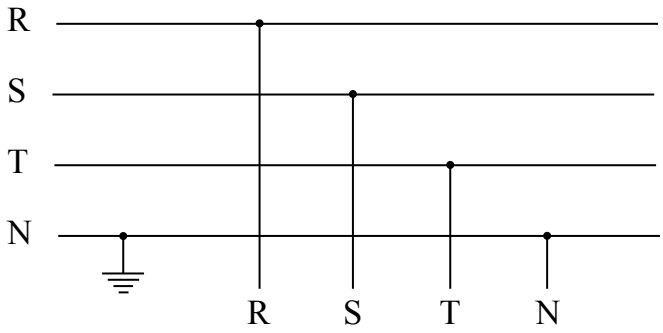
O condutor neutro é geralmente dimensionado com a bitola diferente dos condutores de fases. Nos esquemas, essa bitola vem indicada conforme o exemplo que se segue:



3.4.2 – Esquema multifilar de ramal trifásico

Sabemos que os ramais são derivados das redes. Portanto, de uma rede trifásica a quatro fios, com neutro aterrado, derivará um ramal trifásico a quatro fios com neutro aterrado.

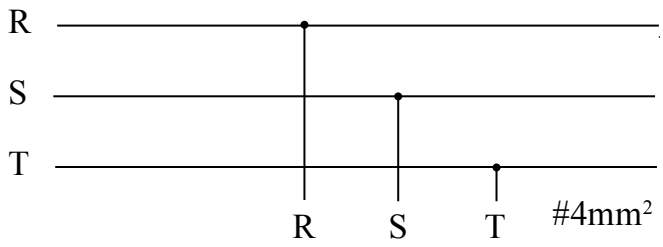
Veja no exemplo:



A bitola dos condutores nos ramais é diferente das usadas nas redes trifásicas. Nos ramais, a bitola é menor ou igual à da rede – nunca maior –.

A indicação das bitolas dos condutores de fases, nas redes e ramais trifásicos é representada conforme o exemplo que se segue:

$3 \sim - 440V - 60Hz - 10mm^2$



aplicação

A partir do que já foi estudado, observe a execução de um esquema multifilar de rede e ramal trifásico a quatro fios, com neutro aterrado, com as seguintes características:

N – 3 ~ — 440V — 60Hz — # 10mm² Para as fases da rede

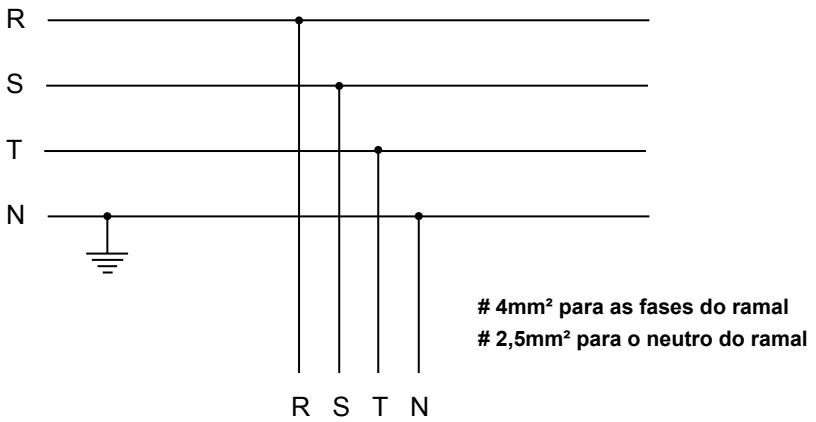
6mm² Para o neutro da rede

4mm² Para as fases do ramal

2,5mm² Para o neutro do ramal

N – 3 ~ — 440V — 60Hz — # 10mm² Para as fases da rede

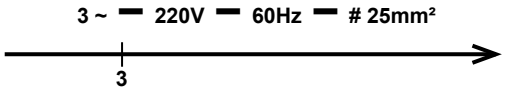
6mm² Para o neutro da rede



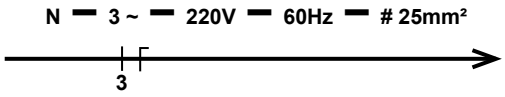
3.4.3 – Esquema unifilar de rede trifásica

No esquema unifilar, o percurso da rede é representado somente por uma linha reta, com uma seta na extremidade, indicando o sentido em que está sendo transformada a energia elétrica.

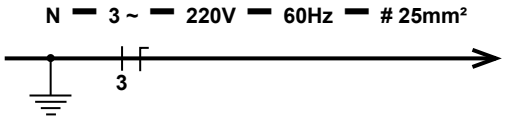
As fases R – S – T da rede trifásica são representadas por uma pequena linha transversal tendo abaixo dela o número três.



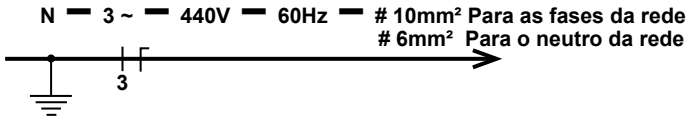
O condutor neutro é representado conforme o exemplo ao lado.



O aterramento do neutro tem a mesma representação do esquema multifilar.

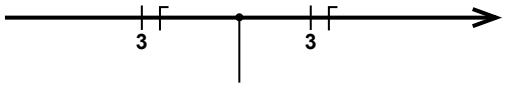


Abaixo, um exemplo de esquema unifilar, para uma rede trifásica a quatro fios, com neutro aterrado, com as seguintes características elétricas:

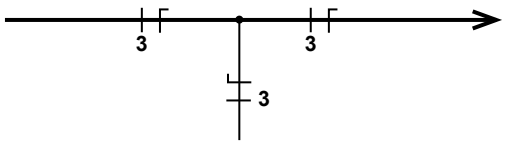


3.4.4 – Esquema unifilar de ramal trifásico

Como os ramais derivam da rede, no esquema unifilar, o percurso do ramal também é representado por uma linha reta perpendicular.

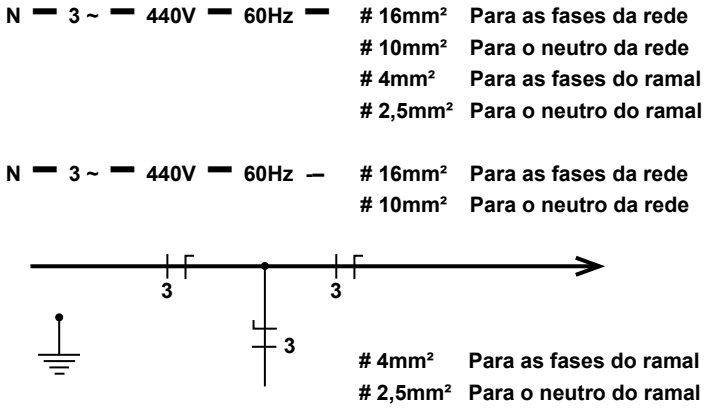


A representação das três fases e do condutor neutro no ramal é igual à da rede.



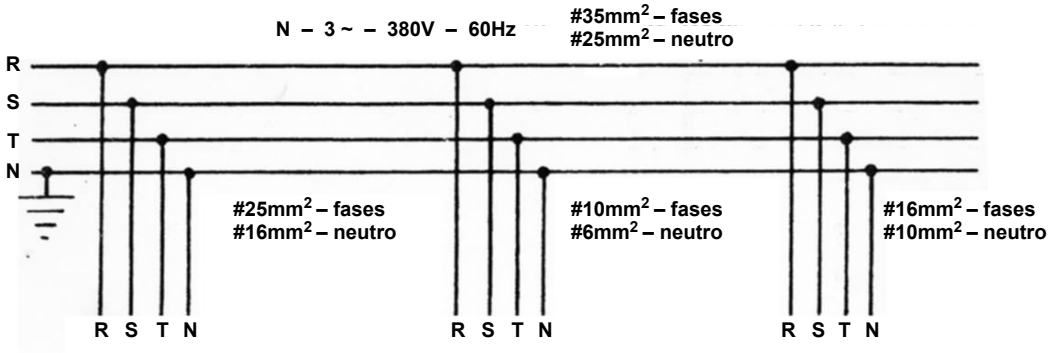
aplicação

Construção de um esquema unifilar, para uma rede e ramal trifásico, a quatro fios, com condutor neutro aterrado, com as seguintes características:

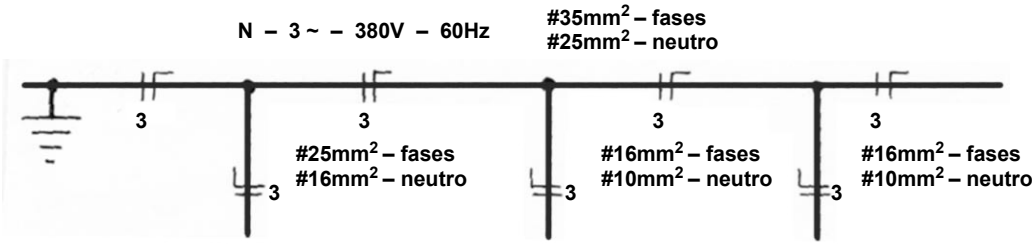


Normalmente, uma rede é construída para alimentar vários ramais.

O esquema multifilar abaixo mostra um exemplo de uma rede trifásica a quatro fios, com neutro aterrado a três ramais, todos com as características da rede e, cada um, com suas respectivas bitolas dos condutores.

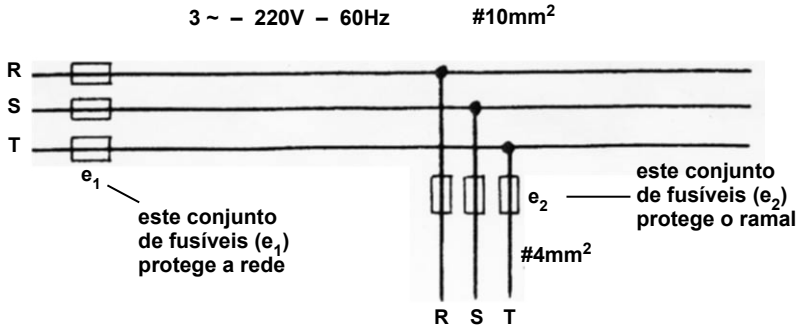


Vejamos a mesma rede e ramais em esquema unifilar.

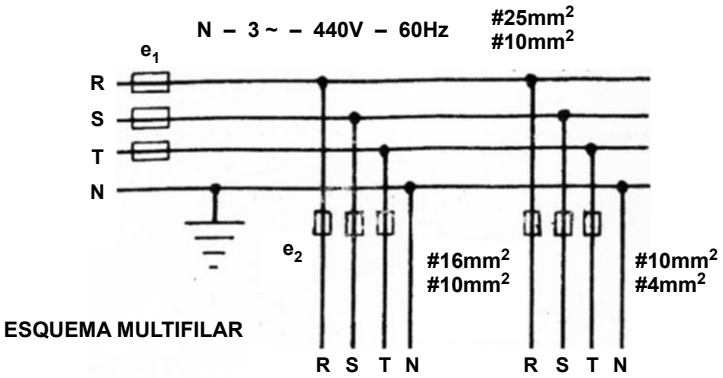


Os circuitos elétricos são protegidos por fusíveis, conforme vimos anteriormente, no primeiro capítulo. Portanto, como as redes e ramais trifásicos são partes dos circuitos, os fusíveis devem estar presentes.

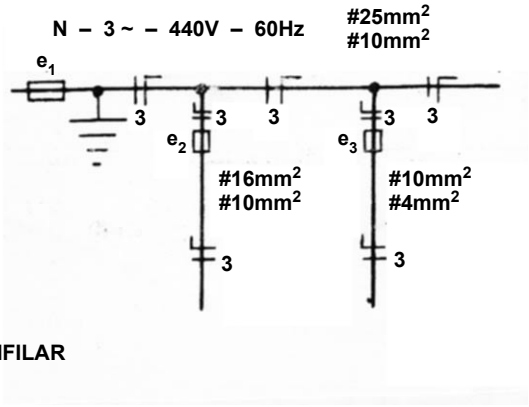
Os fusíveis são ligados em série, com cada condutor de fase, e no início da rede ou do ramal, conforme o exemplo abaixo.



As normas técnicas recomendam que o condutor neutro não seja interrompido; portanto, não ligue o condutor neutro ao fusível.



ESQUEMA MULTIFILAR

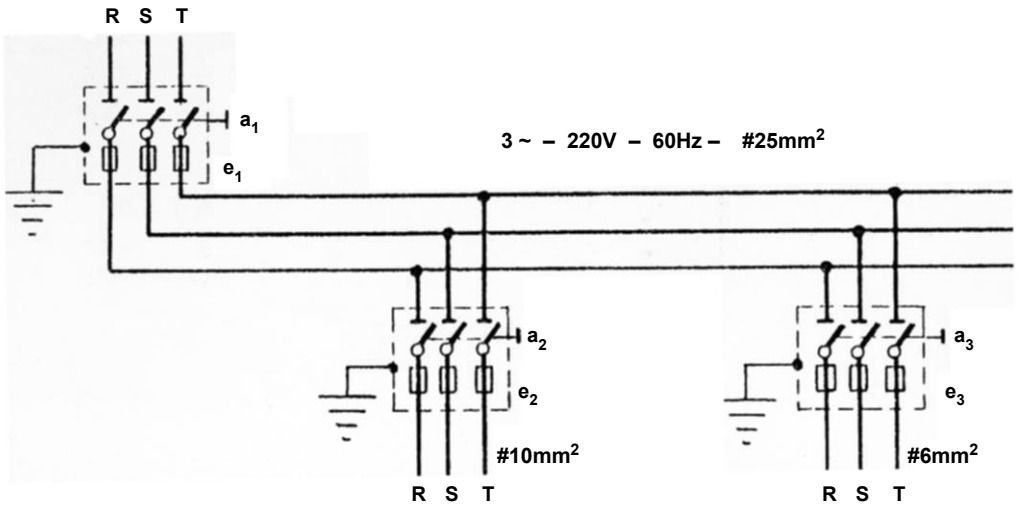


ESQUEMA UNIFILAR

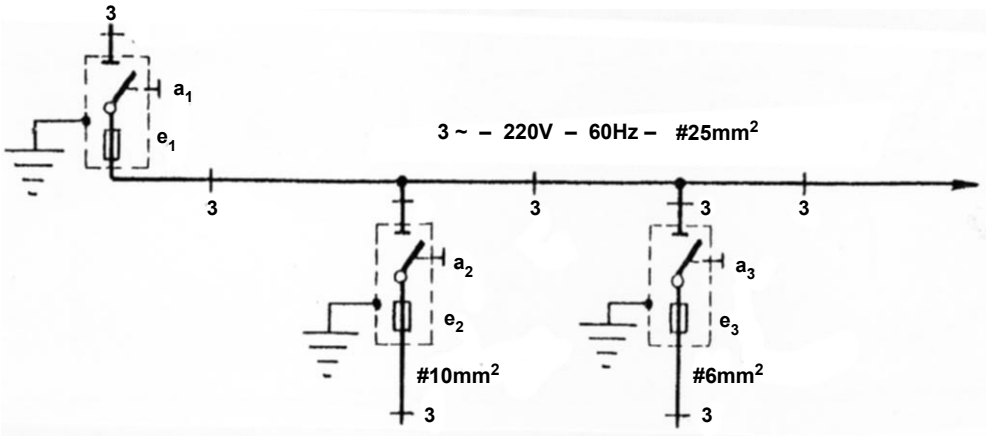
Além dos fusíveis, as redes e ramais trifásicos têm também chaves seccionadoras tripolares, que permitem interromper os circuitos elétricos, conforme vimos no segundo capítulo – Chaves seccionadoras. Portanto,

como as redes e os ramais trifásicos são partes dos circuitos, as chaves seccionadoras devem estar presentes.

O exemplo que se segue apresenta um esquema multifilar de uma rede, com dois ramais trifásicos, com as chaves seccionadoras e fusíveis.



A representação da mesma rede, com os ramais, chaves seccionadoras e fusíveis, em esquema unifilar será a seguinte:



04

Chave de Partida Direta de Comando Manual Tripolar

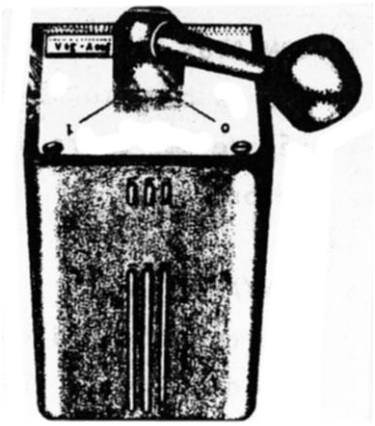
4 – Chave de partida direta de comando manual tripolar

Os interruptores utilizados em instalações residenciais permitem que se ligue ou desligue uma lâmpada no instante em que se deseja.

As chaves de partida direta de comando manual permitem que se ligue ou desligue o motor de uma máquina, sempre que for necessário. Estas chaves serão conceituadas a seguir.

4.1 – Conceito

A chave de partida direta de comando manual é um dispositivo elétrico capaz de interromper circuito sob carga, em regime normal (até duas vezes a corrente nominal do circuito, e de 5 x In por alguns instantes, no momento da partida do motor). É de acionamento manual e sua função principal é dar a partida em motores de máquinas elétricas de pequena ou média potência.

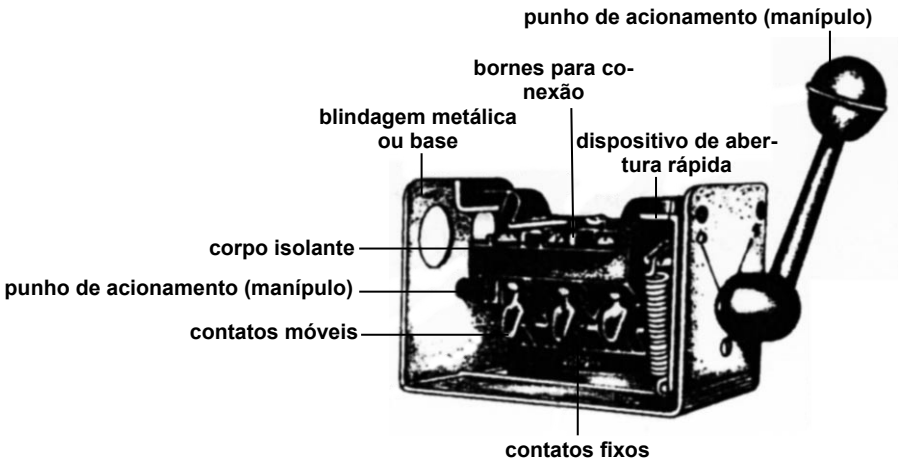


Estas chaves podem ser unipolares, bipolares ou tripolares.

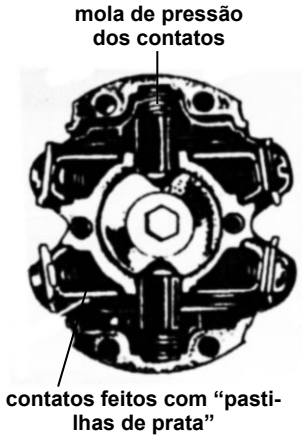
Neste capítulo, trataremos, apenas, de chaves de comando manual tripolar. Citaremos, de agora em diante, apenas chave de partida direta, referindo-nos às tripolares, pois que elas são as mais utilizadas em indústrias.

4.2 – Elementos básicos das chaves tripolares

As chaves de partida direta são compostas dos seguintes elementos básicos:



Serão estudadas, separadamente, as características de cada um desses elementos.



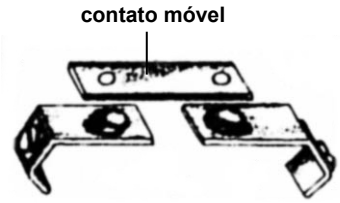
4.2.1 – Contatos das chaves

São os responsáveis pela continuidade da passagem da corrente elétrica no circuito, conforme já estudado nas partes referentes a fusíveis e chaves seccionadoras.

Para as chaves de partida direta, esta responsabilidade é ainda maior, pois são ligadas e desligadas a todo instante, várias vezes por dia. Por isso, os contatos fabricados para essas chaves têm características especiais, que passaremos a estudar.

4.2.1.1 – Contatos fixos

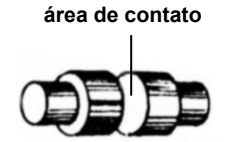
São os contatos ligados diretamente aos bornes, através de uma barra de cobre prateada com uma pastilha de prata.



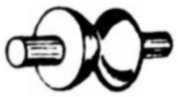
4.2.1.2 – Contatos móveis

São contatos feitos de lâmina de aço cadmiado (banho de cádmio), com duas pastilhas de prata.

As pastilhas dos contatos podem ter três formas:



A. Pastilha plana – aumenta a área de contato, mas dificulta a regulagem, para o caso de chaves com dispositivo de regulagem de contatos.



B. Pastilha abaulada – diminui a área de contato, mas facilita a regulagem.

C. Pastilha ventilada – sua característica é idêntica à da plana, porém com um furo no centro, que possibilita a passagem do ar para ventilar (esfriar a pastilha).

nota

Os contatos das chaves tripolares abrem e fecham suas pastilhas ao mesmo tempo, para que o funcionamento do motor das máquinas não seja prejudicado.

A prata vem sendo largamente utilizada na confecção de contatos elétricos, por várias razões. Citaremos algumas:

– ponto de fusão é alto – isto dificulta a "colagem" (evita que a pastilha se solde à outra, devido ao arco elétrico).

– alta condutividade – isto diminui a resistência de contato e melhora as condições de condução da corrente elétrica.

– o óxido de prata é condutor – isto facilita a condução de corrente, pois o óxido aparece sempre com o arco elétrico.

4.2.2 – Bornes para conexão

São parte do contato fixo com o parafuso de ligação dos condutores.

4.2.3 – Eixo e punho de acionamento (manípulo)

É a parte que o operador utiliza para ligar e desligar a chave. Os manípulos para acionamento podem ser dos seguintes tipos:

TIPO KNOB

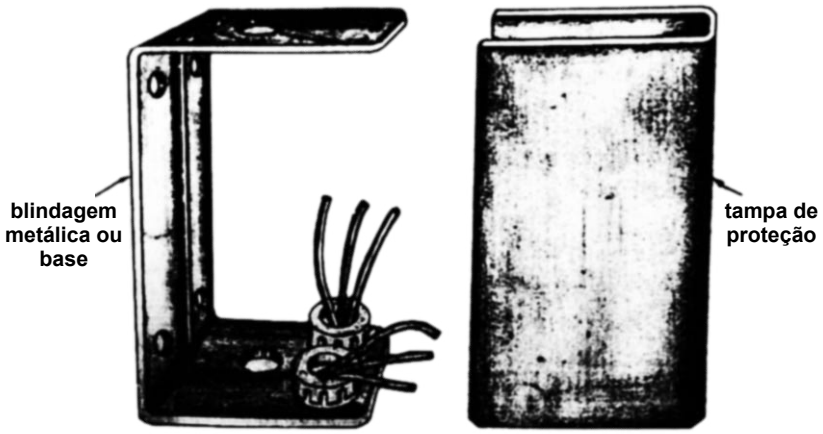
TIPO ALAVANCA

O eixo gira e modifica a posição dos contatos. A posição (0-zero ou D) indica que a chave está desligada. A posição (1-um ou L) indica que a chave está ligada.

Os tipos de manípulos são escolhidos conforme a mola do dispositivo de abertura rápida. Quanto maior for a pressão da mola, maior será o comprimento da alavanca. Por outro lado, não se fabrica alavanca muito comprida, para evitar sua quebra, mesmo com um pequeno esforço.

4.2.4 – Blindagem metálica

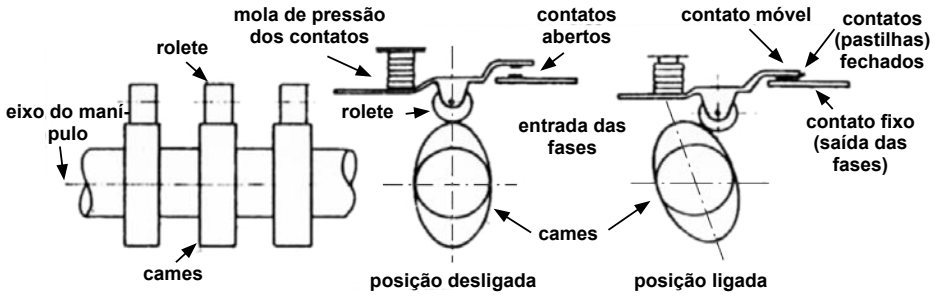
É a base da chave, normalmente em chapa metálica, para suportar esforços mecânicos ao acionar o manípulo. Além disto, é o local onde são fixados os eletrodutos.



4.2.5 – Dispositivo de abertura rápida

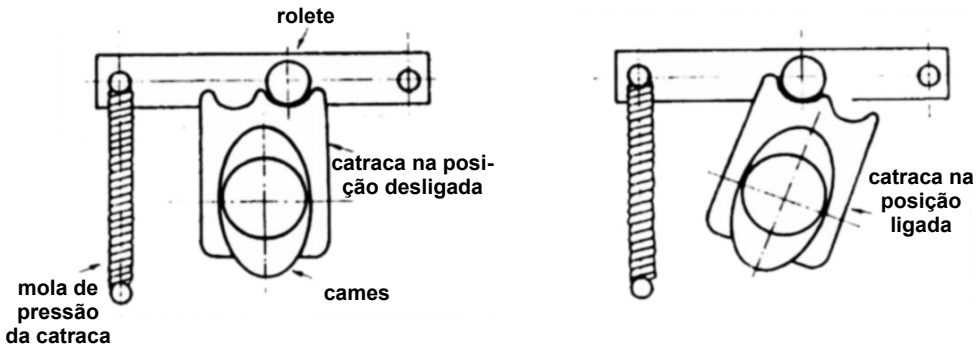
A abertura rápida é feita através de cames, catraca, roletes e molas.

Quando o manípulo está na posição desligada, os cames empurram os roletes, as pastilhas se separam, desfazendo os contatos. Quando o manípulo está na posição ligada, os cames giram nos roletes até liberá-los e as pastilhas se tocam, estabelecendo os contatos.



Para manter (segurar) o eixo com cames nas posições desligada e ligada, a chave possui catraca, rolete e mola.

Ao girar o manípulo da chave, a catraca que está fixada ao eixo é posicionada no rolete através de seus rebaixos, sob pressão da mola.

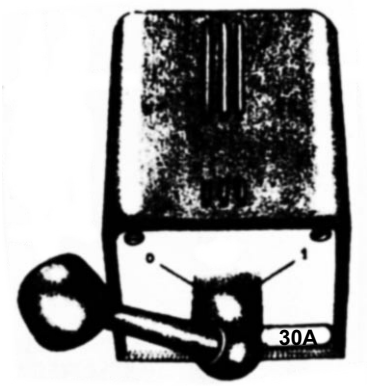


4.2.6 – Corpo isolante

É a parte que separa as partes condutoras da blindagem da chave.

4.3 – Características

4.3.1 – Corrente nominal



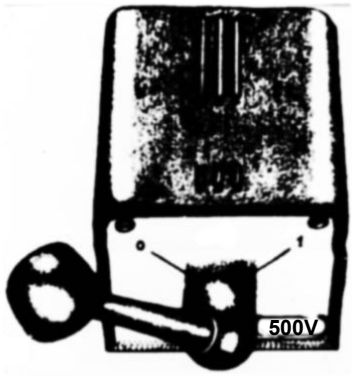
A corrente nominal determina o valor da máxima corrente elétrica que a chave é capaz de conduzir, sem se aquecer. Este valor é estabelecido baseado na capacidade de condução dos contatos das chaves.

O valor da corrente nominal (In), vem escrito na placa de dados das chaves, conforme figura ao lado.

exemplo

Uma chave de partida direta de 30A é capaz de manter em funcionamento normal (sem se aquecer) uma carga até este valor (30A).

4.3.2 – Tensão nominal



Veja, agora, o que diz respeito à tensão nominal das chaves de partida direta.

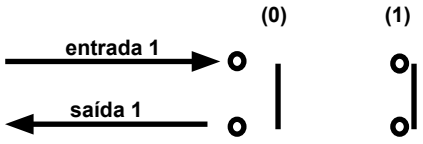
O corpo das chaves é feito de materiais isolantes e é importante a indicação, para quem irá operá-las, na placa de dados das chaves, do valor máximo de tensão que eles são capazes de isolar com segurança.

Ao valor de tensão com que as chaves podem funcionar, dá-se a denominação de tensão nominal (Un).

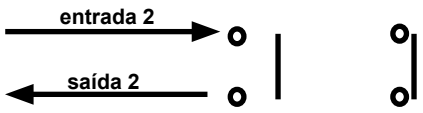
A tensão nominal de uma chave nunca pode ser inferior à tensão nominal da rede.

exemplo

Uma chave com tensão nominal de 500Vca não pode ser instalada em uma rede cuja tensão nominal seja superior a este valor – 500VCA.

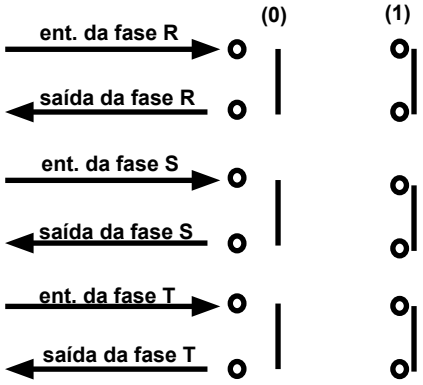


Para o caso de chave de partida de comando manual bipolar, o símbolo é dobrado.



Bipolar – dois contatos móveis

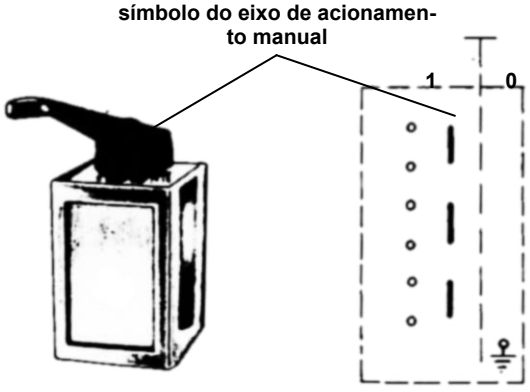
Para chave tripolar, o símbolo é o triplo da unipolar.



Tripolar – três contatos móveis.

Como nessas chaves os contatos são blindados, o símbolo multifilar é o seguinte:

O símbolo multifilar indica onde devem ser ligados os condutores de entrada e de saída e, ainda, como são feitos os contatos internos para cada pólo da chave nas posições (1)Liga – (0) Desliga.



Uma outra forma de representar a chave de partida direta é a que utiliza o símbolo unifilar.

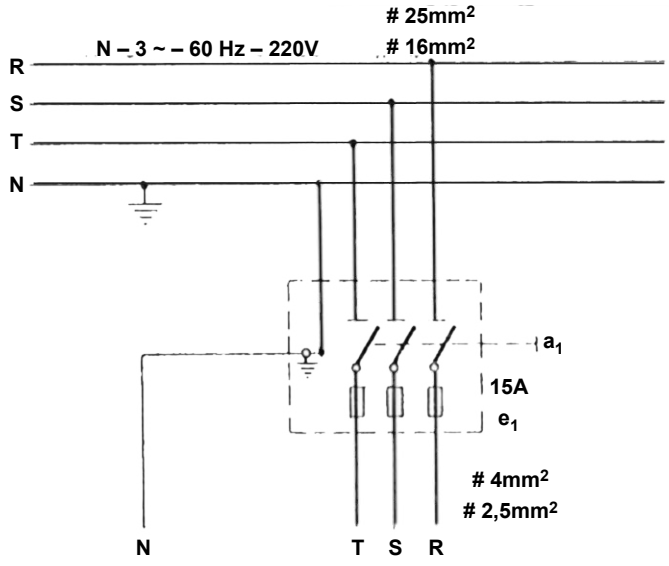
Atualmente, os símbolos unifilares de dispositivo de partida para motores de máquinas são padronizados e de fácil memorização. Observe bem o símbolo e tente memorizá-lo: ele é representado por um quadrado com um triângulo na parte superior. (Para melhor memorização, o símbolo é semelhante a um envelope de cartas).

Quando uma chave de partida direta é usada para comando de motores, indica-se com uma seta o sentido de rotação.

aplicação

Agora, vamos mostrar como são feitos os esquemas das instalações de máquinas elétricas.

Observe o esquema multifilar, já de seu conhecimento, para uma rede e ramal trifásicos, a quatro fios, com neutro aterrado – tensão nominal de 220V – freqüência de 60Hz – chave seccionadora tripolar (a_1) com três fusíveis de 15A (e_1), com a blindagem aterrada.

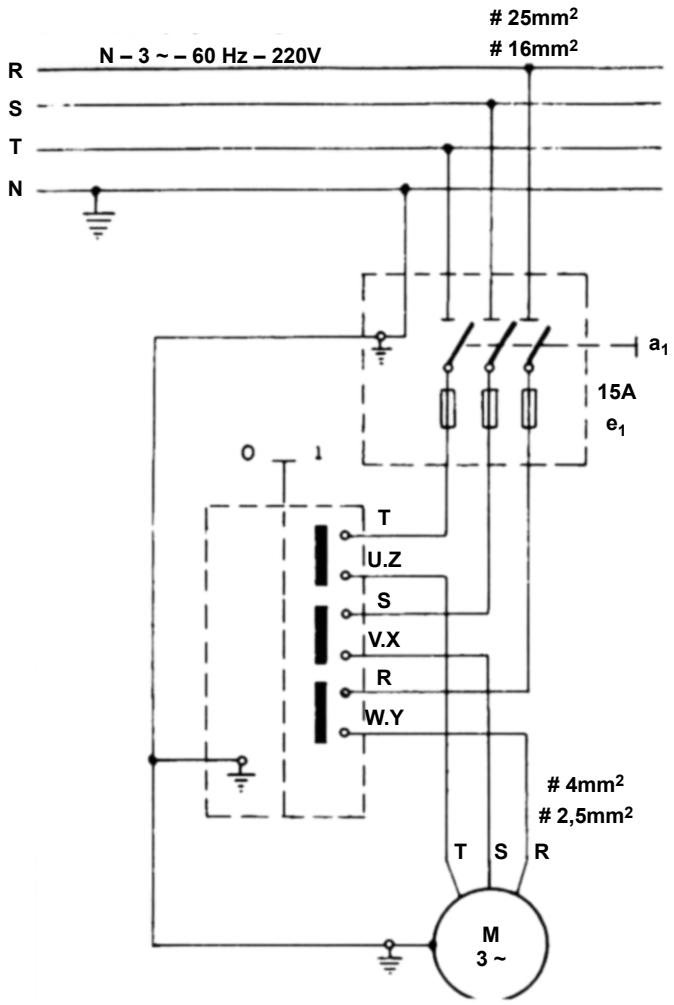


Continuemos a utilizar este esquema, indicando a existência de chave de partida direta, sendo:

a_1 – chave seccionadora com porta-fusíveis tripolar

e_1 – fusíveis-cartucho 15A

chave de partida direta, de comando manual tripolar.

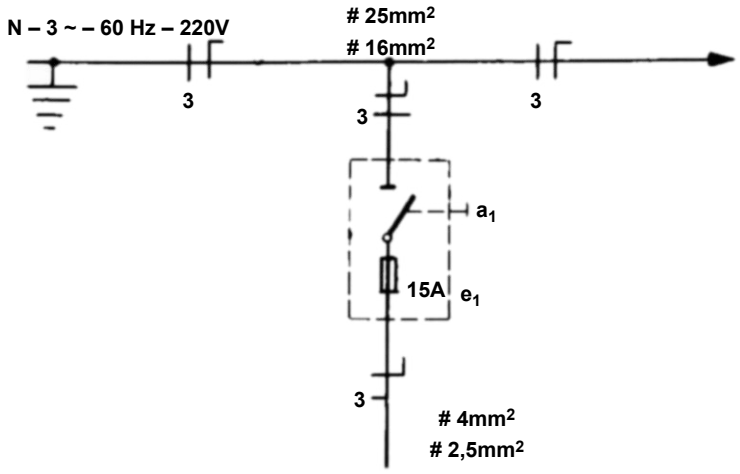


Observe, pelo esquema, que a chave de partida direta só funciona quando a chave seccionadora estiver na posição ligada. Por esse esquema, pode-se facilmente acompanhar cada um dos condutores, para verificar o funcionamento da instalação.

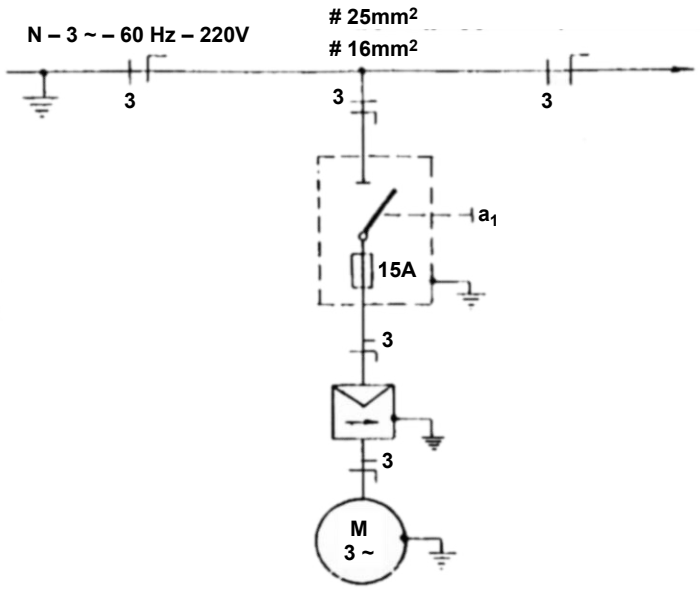
Procure acompanhar, com a ponta de seu lápis, o traço que representa o condutor da fase "R", por exemplo, e veja se realmente seu término é onde está indicado.

Representa-se, a seguir, o esquema unifilar da chave de partida direta – rede – ramal – chave seccionadora com fusível.

Esquema unifilar, sem a chave de partida direta.



O mesmo esquema, com a chave de partida direta:



Observe que, pelo esquema unifilar, não é possível saber onde estão ligados os condutores, pois a função do esquema unifilar não é a de mostrar esses detalhes, mas , sim, a de mostrar a real posição das chaves, da rede, do ramal, etc.

4.4 – Tipos de chave de partida direta

Existem vários tipos de chaves de partida direta, mas os mais empregados em instalações industriais são chaves de comando manual tripolar por botões; de alavanca tipo HH; de comando manual rotativo com alavanca ou knob.

Vamos ilustrar cada um destes tipos e descrever as suas características.

4.4.1 – De comando manual tripolar, por botões

Chave embutida em caixa de passagem para tubulação embutida ou exposta, de acionamento por botões LIGA-DESLIGA.

Características:

– Corrente nominal (In) – 6A – 10A – 15A

– Tensão nominal (Un) – 250V

– Não possui dispositivo de abertura rápida.

– Bornes dos parafusos, de cabeça redonda, com fenda.

Os bornes são identificados por cores:

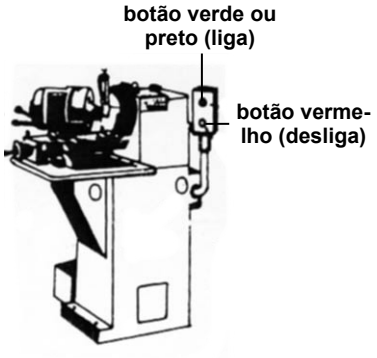
– vermelho: entrada

– branco: saída

Esse tipo de chave só é utilizado em máquinas de pequena potência, das quais não se exigem muitas manobras.

Ex.: Máquinas de furar de bancada; moto-esmeril

O comando manual é feito pressionando-se os botões. Normalmente, as funções LIGA-DESLIGA são indicadas por cores.



– Botão vermelho: desliga

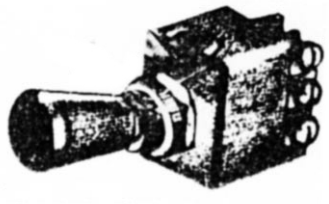
– Botão preto ou verde: liga

É comum aparecerem as funções LIGA-DESLIGA em inglês, mas as cores são sempre as mesmas. Veja o exemplo ao lado:

– Botão preto ou verde: LIGA ou START

– Botão vermelho: DESLIGA OU STOP.

4.4.2 – De alavanca tipo HH



Chave de alavanca tipo HH é o nome que se dá a chaves embutidas em equipamentos de utilização portátil, devido a suas dimensões reduzidas. O acionamento se faz por alavanca ou tecla liga-desliga. É própria para pequenos motores.

Características:

– Corrente Nominal (In) – 6A – 10A – 15A

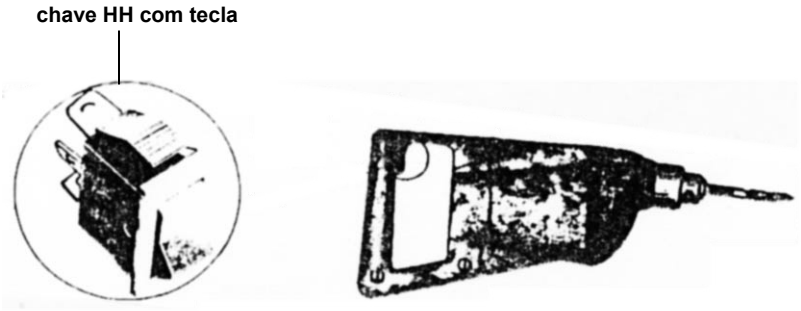
– Tensão Nominal (Un) – 250V

– A abertura rápida é feita através da mola do próprio contato móvel.

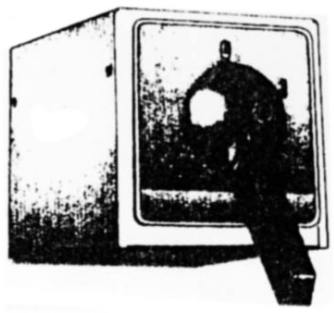
– Bornes por parafuso, com cabeça redonda, com fenda ou encaixe para conector de pressão, conforme ilustração.

Esse tipo de chave só é utilizado em máquinas portáteis.

Ex.: Máquina de furar, serrar, etc.



4.4.3 – De comando manual rotativo com alavanca ou knob



São chaves blindadas, de acionamento rotativo por alavanca, destinadas a dar partida em motores de máquinas elétricas de média potência.

Características:

– Corrente Nominal (In) – 15A – 25A – 30A – 40A

– Tensão Nominal (Un) – 600VCA

– Câmara de extinção do arco elétrico para as chaves com corrente nominal (In) acima de 25A.

– Dispositivo de abertura rápida, por cames, roletes, catraca e molas.

– Bornes por parafusos de cabeça redonda, com fenda.

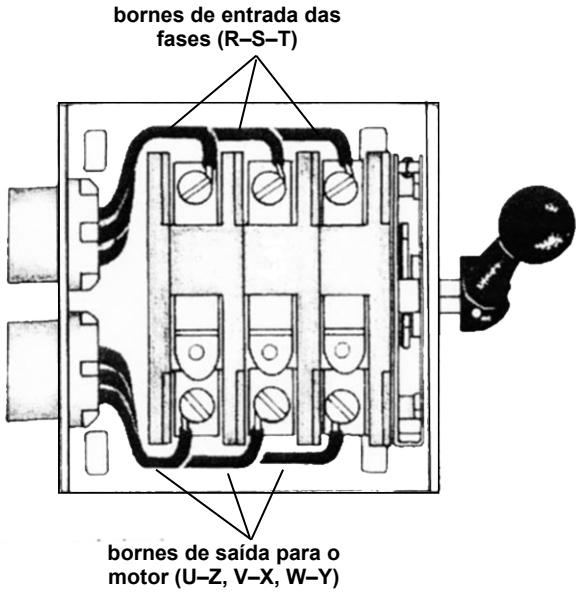
É o tipo mais utilizado na indústria, para máquinas de comando manual.

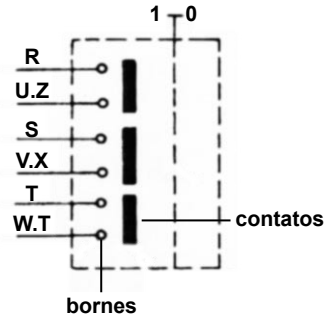
Ex.: Máquina de furar, moto-esmeril, fresadora, plaina limadora, etc.

4.5 – Descrição do funcionamento

Sabemos que as chaves de partida direta têm duas posições de funcionamento – **desligada** e **ligada**.

Para a ligação da chave é necessário que os condutores sejam conectados aos bornes de entrada e saída da mesma. Na ilustração abaixo, temos os bornes de entrada à esquerda e os de saída para o motor à direita.



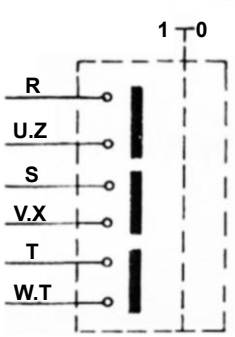


Para facilitar a interpretação quanto ao funcionamento da chave de partida direta de comando manual, usaremos o símbolo multifilar com letras indicando cada borne de conexão da chave.

4.5.1 – Etapas

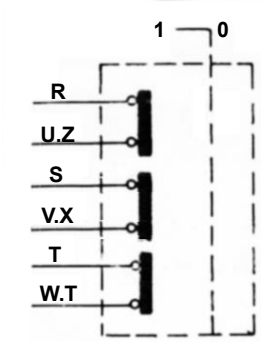
O funcionamento da chave de partida direta pode ser mostrado em quatro etapas: 1ª – posição (0 ou D) desligada; 2ª – no instante em que se liga a chave; 3ª – posição (1 ou L) ligada; 4ª – no instante em que se desliga a chave.

4.5.1.1 – 1ª etapa – posição (0 ou D) desligada



Na posição (0 ou D), desligada, os bornes de entrada R – S – T estão sob tensão. Como os contatos estão abertos, não há continuidade entre os bornes. Conseqüentemente não haverá passagem de corrente entre os bornes de saída para o motor.

4.5.1.2 – 2ª. etapa – no instante em que se liga a chave



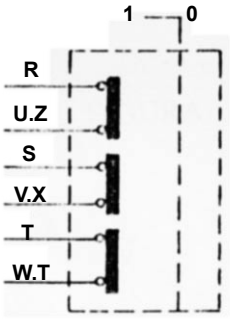
Ao girar a alavanca para a posição (1 ou L) ligada, os contatos móveis se encostam nos fixos, para permitirem que as fases R– S– T tenham continuidade.

Neste instante, o motor começa a funcionar e a corrente elétrica vai aumentando até seu valor máximo de partida (5 x a corrente nominal). Os contatos devem suportar este valor, sem se queimarem.

exemplo

Se a corrente nominal do motor de uma máquina for de 10A, no momento de partida, a corrente é de aproximadamente 50A (5 x In = 5 x 10A) e a chave de partida direta deve suportar esta sobrecarga por alguns instantes.

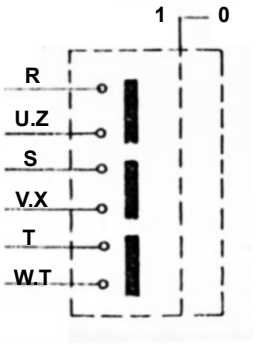
4.5.1.3 – 3ª. etapa – posição (1 ou L) ligada



Com a chave na posição (1 ou L) ligada e o motor já em funcionamento normal, a corrente vai diminuindo até seu valor nominal. A chave pode ficar ligada durante muito tempo e seus contatos não podem se aquecer.

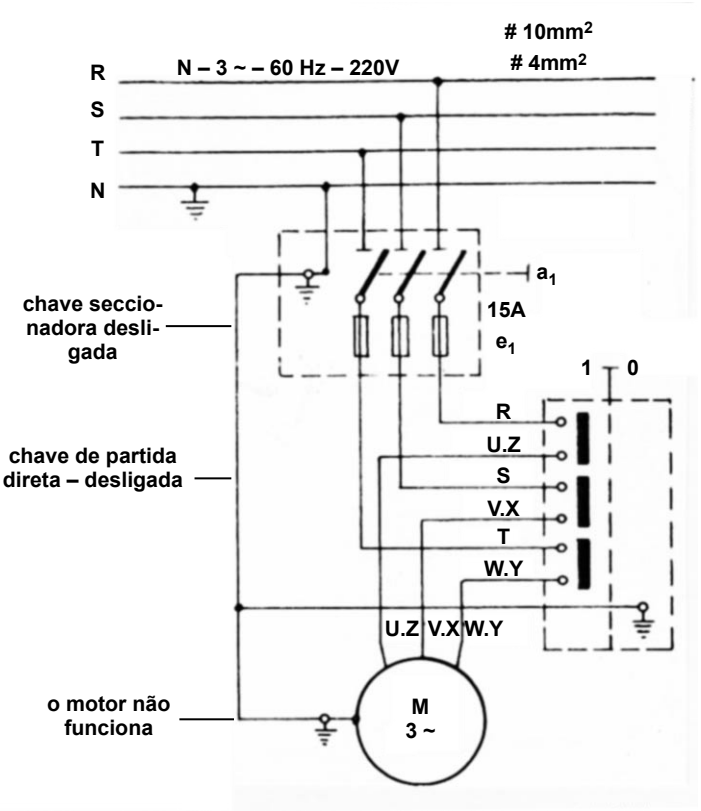
No exemplo citado, a corrente nominal do motor é de 10A; no momento de partida, aumentou para 50A; passado o instante da partida, a corrente diminui de 50A para 10A, que é o valor da corrente nominal desse motor.

4.5.1.4 – 4ª. etapa – no instante em que se desliga a chave



Para desligar o motor, gira-se a alavanca da chave para a posição (0 ou D) desligada. O eixo gira e os contatos começam a se abrir. Neste instante, o arco elétrico começa a se desenvolver, mas as molas, os roletes e os cames aumentam a velocidade e obrigam os contatos a se abrirem rapidamente, para não dar tempo de o arco elétrico danificar as pastilhas dos contatos.

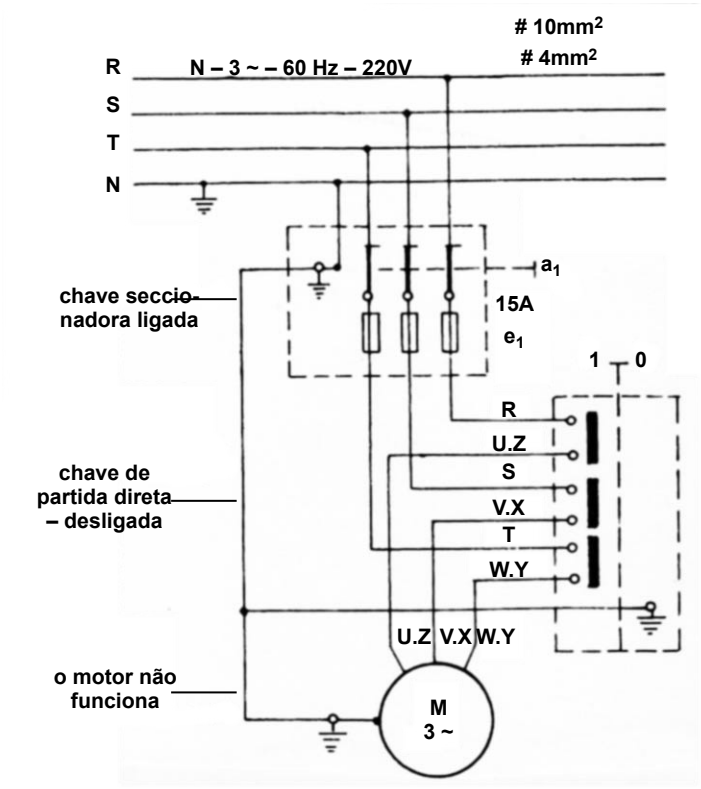
4.5.2 – Esquema do funcionamento



O funcionamento das chaves de partida direta, de comando manual, pode ser estudado através do esquema multifilar de uma rede e ramal trifásico – chave seccionadora com fusíveis e chave de partida direta.

Estando a rede energizada com as fases (R–S–T), acompanhe pelo esquema: o ramal transporta estas fases até a chave seccionadora (a_1) nos bornes de entrada (1– 3– 5).

– Como não há continuidade, pois a chave (a_1) está desligada, a máquina não funciona.

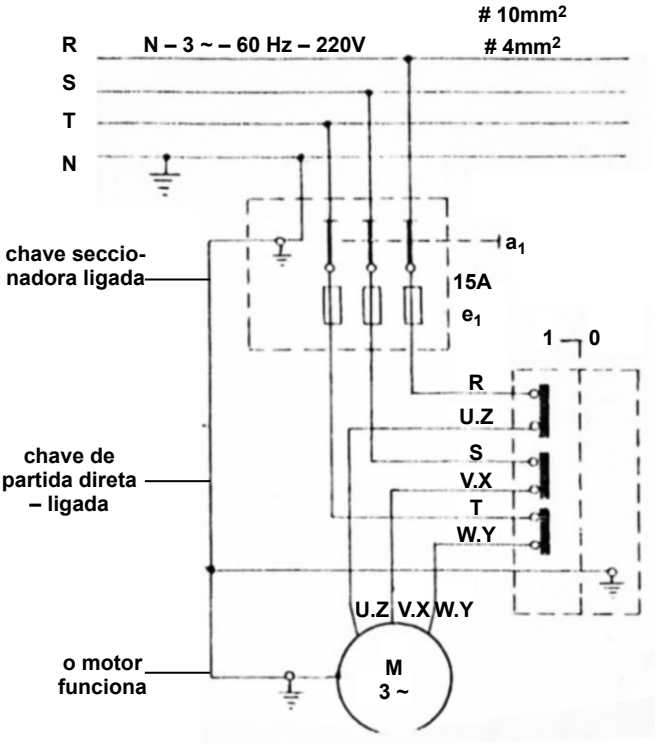


O operador aciona primeiro a chave seccionadora (a_1).

– Com a chave seccionadora (a_1) ligada, o ramal agora continua a transportar as fases (R– S– T) até a chave de partida direta, pelos seus bornes de entrada – veja as letras (R–S–T) indicadas na chave de partida direta.

– Como não há continuidade, pois a chave de partida direta está desligada, a máquina ainda não funciona.

O operador aciona, agora, a chave de partida direta:



– Com a chave de partida direta ligada, o ramal continua a transportar as fases (R– S– T) até a máquina, pelos contatos e bornes de saída.

– Veja as letras (R–S–T), indicadas no esquema: como há continuidade das três fases (R– S– T), a máquina funciona normalmente.

Durante o trabalho, o operador precisa ligar e desligar a máquina várias vezes.

Esta operação é feita através da chave de partida direta. Quando termina o trabalho, o operador desliga a chave de partida direta, depois a chave seccionadora, e a máquina fica desligada pelas duas chaves.

Caso a máquina necessite de manutenção, desliga-se a chave seccionadora (a_1), e a manutenção é feita sem que o eletricista corra risco de acidentes.

4.5.3 – Condições de funcionamento das chaves de partida direta de comando manual tripolar

As chaves de partida direta precisam estar em condições de funcionamento normal, para que a máquina não sofra paralisações, durante o desenvolver do trabalho.

Para estudar o funcionamento de todas as partes das chaves, observaremos algumas condições.

4.5.3.1 – Condições de funcionamento elétrico

As condições de funcionamento elétrico das chaves de partida direta dependem, principalmente, dos seguintes elementos:

– continuidade da corrente elétrica, nos contatos e bornes.

– isolamento dos condutores, dentro da chave (próximo aos bornes).

- CONTINUIDADE DA CORRENTE ELÉTRICA

Para a continuidade dos contatos e bornes, as condições de funcionamento são as seguintes:

– os contatos fixos e móveis devem estar limpos e com pressão.

– as pastilhas dos contatos devem estar com suas áreas de contato coincidindo.

– os bornes devem estar apertados e limpos.

➢ ISOLAMENTO DOS CONDUTORES

Para o isolamento dos condutores dentro da chave, as condições de funcionamento são as seguintes:

– os condutores devem estar com isolamento até a cabeça do parafuso do borne, para evitar curto-circuito acidental.

– os condutores devem estar acomodados dentro da chave, de modo a não permitirem que a tampa de proteção encoste nos mesmos (para evitar que entrem em contato com a massa).

nota

O termo massa é empregado pelos eletricistas sempre que o condutor encosta em alguma parte metálica dos dispositivos elétricos e provoca curto-circuito entre esta parte (que geralmente é aterrada) e um dos condutores de fase.

4.5.3.2 – Condições de funcionamento mecânico do dispositivo de abertura rápida

As condições de funcionamento mecânico das chaves de partida direta dependem, principalmente, dos seguintes elementos: Cames – Roletes – Molas.

– Os cames e a catraca devem estar lubrificados, para evitar o desgaste provocado pelas várias manobras.

– Os roletes devem estar lubrificados, para que possam girar, livremente, sem prejudicar a abertura rápida.

– As molas devem estar lubrificadas, para evitar a ferrugem, que provoca a sua quebra.

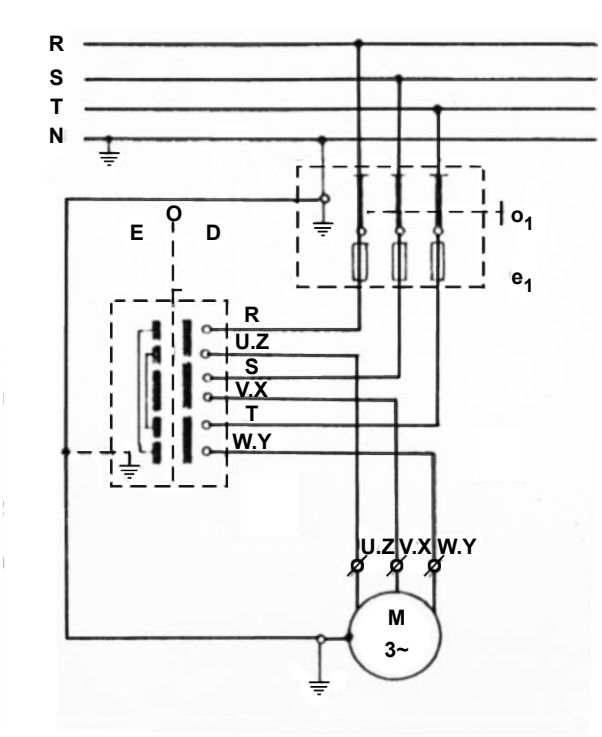
4.6 – Diagrama elétrico de funcionamento da chave reversora

São três as etapas a serem estudadas em relação a esse funcionamento: uma, em relação ao acionamento da chave seccionadora do ramal e duas, em relação ao uso da chave reversora.

4.6.1 – 1ª. etapa – acionamento da chave seccionadora do ramal trifásico

Estando a rede trifásica energizada com as fases R– S– T, a chave seccionadora ligada ao ramal trifásico, podemos observar, através do esquema, que os bornes de entrada da chave reversora estão submetidos a tensão; no entanto, o motor continua parado, porque, no esquema, a chave reversora está na posição (0) desligada.

Desta forma não existirá continuidade, pois os contatos móveis e os fixos estão abertos. Conseqüentemente, não haverá corrente nos bornes de saída para o motor.

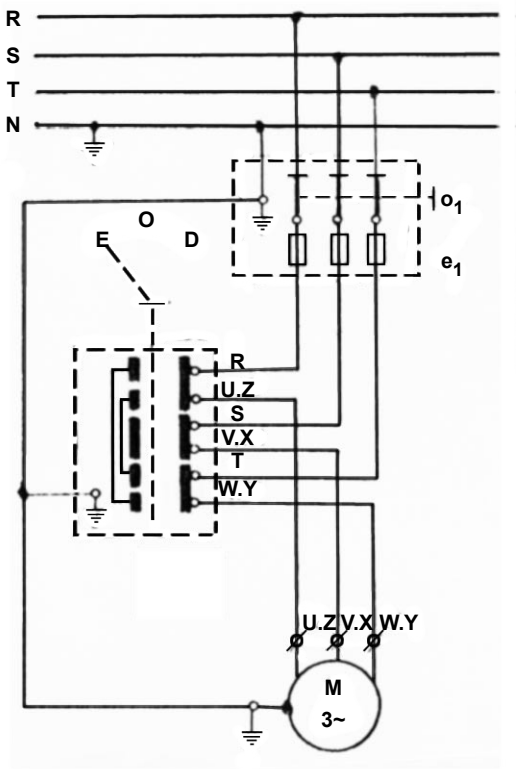


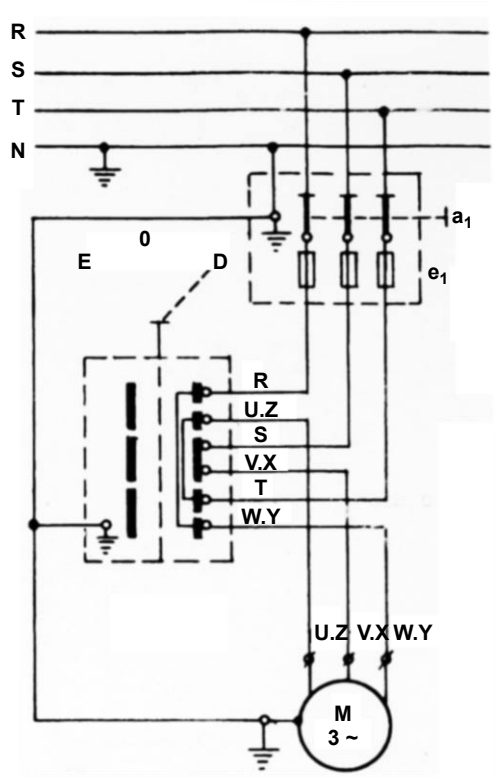
4.6.2 – 2ª. etapa – acionamento da chave reversora na posição ligada à esquerda

Com a chave seccionadora ligada, e acionando-se a chave reversora para a posição (E) ligada à esquerda, o motor funciona. O esquema mostra a continuidade entre os bornes de saída.

O borne de entrada R, através dos contatos fixos e móveis, fecha com o borne U de saída para o motor; o borne de entrada T fecha com o borne de saída W.

Quando for necessário inverter a rotação da máquina, o operador desliga a chave reversora e aguarda a parada do motor.





4.6.3 – 3ª etapa – acionamento da chave reversora na posição ligada à direita

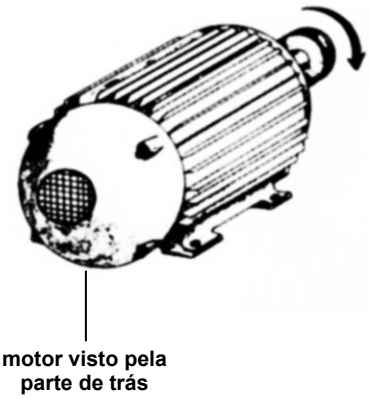
Sem desligar a chave seccionadora, acionando-se a chave reversora para a posição (D) ligada à direita, o motor funciona girando para a direita com as seguintes ligações: R– W, S– V e T– U.

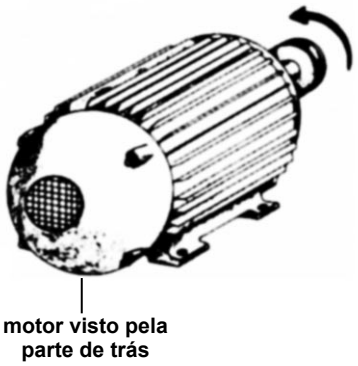
Observe que a inversão ocorreu nas fases R–T, através das pontes fixas.

nota

Para inverter a rotação de um motor de indução trifásico, é suficiente inverter duas fases quaisquer, que alimentam o motor.

Diz-se que um motor gira para a direita, quando, visto pela parte de trás (lado contrário da ponta do eixo), o motor gira no sentido horário. E para a esquerda, quando o motor gira no sentido anti-horário. Veja as ilustrações:



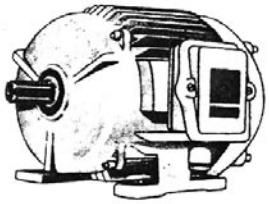


05 Motores Elétricos

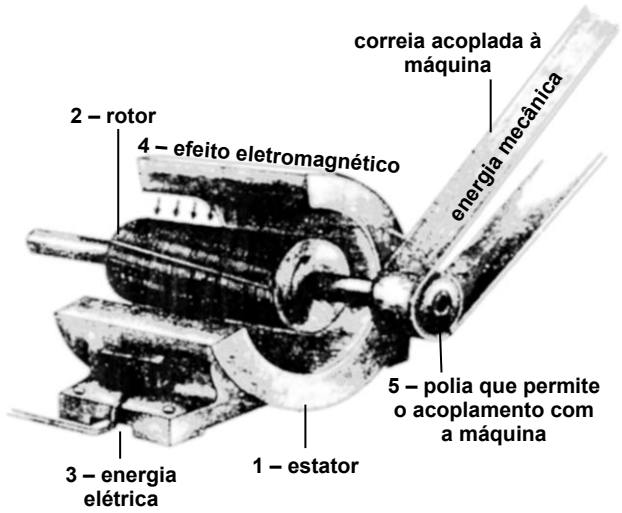
5 – Motores elétricos

5.1 – Conceito

O motor elétrico é uma máquina que tem a função de transformar a energia elétrica em energia mecânica, através do efeito eletromagnético. É composto de uma parte fixa (estática), que transforma a energia elétrica em efeito eletromagnético e uma outra que gira, devido a este efeito.



5.2 – Constituição e funcionamento



Um motor elétrico é constituído de estator e rotor que funcionam da sequinte forma:

1 – a parte estática do motor chama-se **estator**.

2 – a parte que gira chama-se **rotor**.

3 – o estator é ligado a uma fonte de corrente elétrica, para transformá-la em efeito eletromagnético.

4 – o efeito eletromagnético faz o rotor girar.

5 – o rotor tem uma polia, por fora, para ser acoplado a uma máquina e fazê-la movimentar-se.

5.3 – Tipos

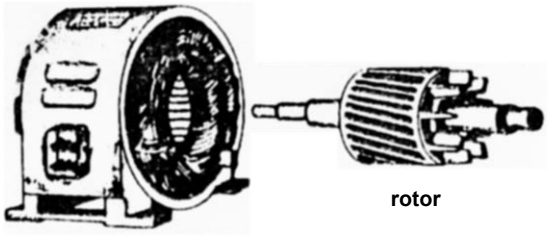
Existem motores que funcionam em fontes de corrente contínua, ou em corrente alternada. Os motores que funcionam em corrente contínua são: **motor série, shunt ou paralelo.**

Os motores que funcionam em corrente alternada são: **motor de indução ou assíncrono e motor síncrono**.

Os motores de indução (assíncronos) podem ser **monofásicos** (quando são construídos para serem ligados em um condutor de fase e condutor neutro, ou em dois condutores de fases distintas); ou **trifásicos** (quando são construídos para serem ligados em três fases distintas).

5.3.1 – Motor de indução trifásico ou assíncrono trifásico

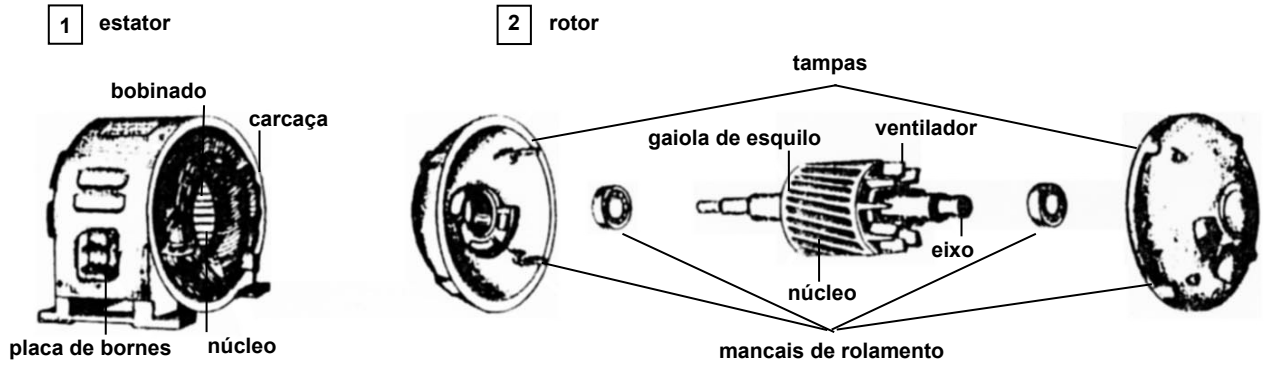
5.3.1.1 – Conceito



O motor de indução trifásico é todo motor elétrico em que o rotor gira, devido à indução do efeito eletromagnético do estator. O rotor gira com **velocidade menor** do que o efeito eletromagnético criado pelo estator. Por isso, ele é chamado também de motor assíncrono, e é fabricado para ser ligado aos três condutores de fases (R– S– T).

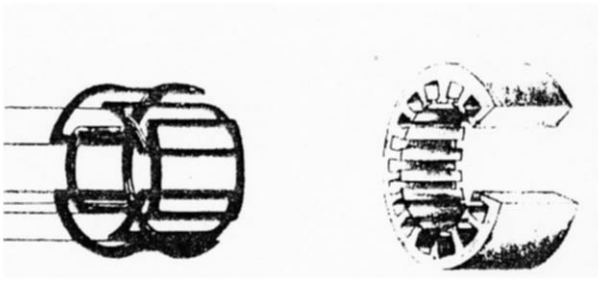
5.3.1.2 – Partes constituintes

As partes principais do motor de indução trifásico são apresentadas na ilustração que se segue e serão estudadas uma a uma, mais detalhadamente.



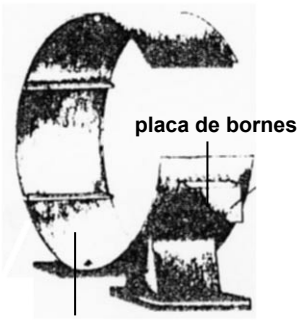
➢ ESTATOR

No estator, temos as seguintes peças: **carcaça, núcleo, bobinado e placa de bornes**.

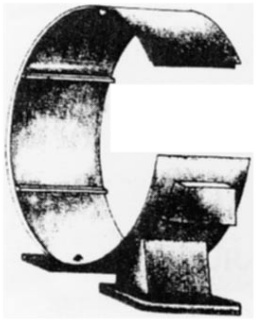


bobinado

núcleo



- CARCAÇA

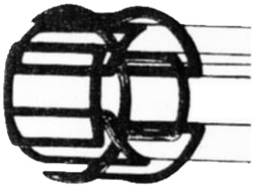


A carcaça é a blindagem do motor. Além disso, é também a base que permite uma fixação rígida, pois o motor não pode se mover quando em funcionamento.

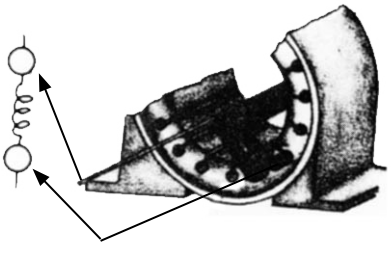
- NÚCLEO

O núcleo do estator é a parte do motor que recebe o bobinado, e que tem a função de **concentrar** o efeito eletromagnético.

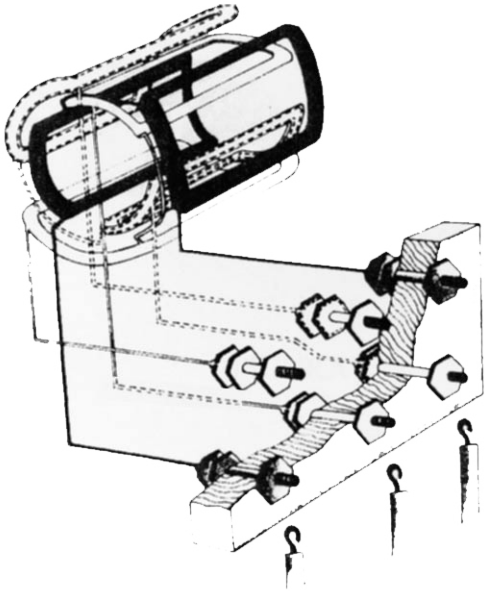
- BOBINADO (enrolamento)



O bobinado é o conjunto de bobinas do motor, que é ligado aos três condutores de fases (R– S–T). A função do bobinado é transformar a energia elétrica em efeito eletromagnético.



As bobinas são condutores de corrente elétrica enrolados no núcleo. Os condutores são de cobre ou alumínio, isolados por uma camada de esmalte, para resistir à temperatura. Veja, na figura ao lado, como são representados os bobinados dos motores.

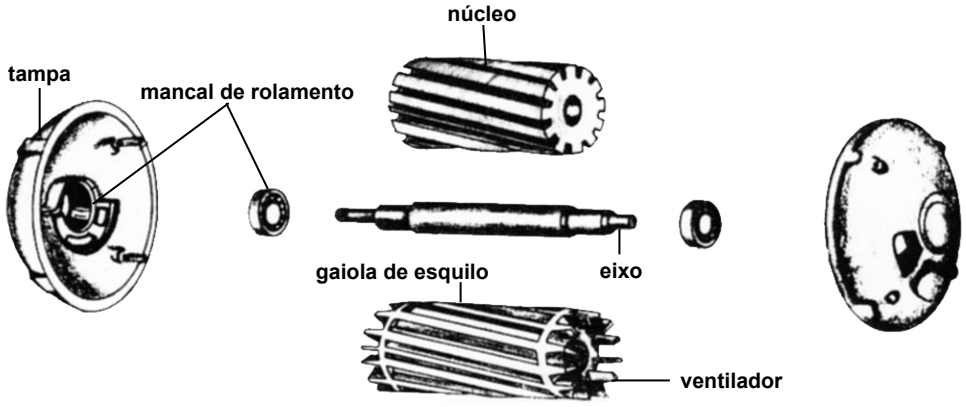


- PLACA DE BORNES

A placa de bornes é uma chapa de material isolante com parafusos, colocada na carcaça dos motores, com a finalidade de facilitar a instalação dos condutores de fases que irão fornecer energia ao bobinado.

➢ ROTOR

No rotor temos as seguintes peças: **mancais, tampas, eixo, núcleo do rotor, gaiola de esquilo, ventilador**.



- MANCAIS

Um mancal de rolamento de cada lado do eixo é o apoio que permite ao rotor girar livremente. Tem, também, a função de reduzir o atrito, quando o motor estiver girando.

Os mancais dos motores podem ser de rolamento de esfera ou de buchas, feitas de material macio, como bronze, por exemplo, para não danificar o eixo do rotor.

- TAMPAS

Uma tampa de cada lado do eixo é o apoio que, juntamente com os mancais, sustenta o rotor, não permitindo que seu núcleo, quando o rotor estiver girando, raspe no núcleo do estator.

- EIXO

É a parte do rotor que permite a utilização da energia mecânica, para fazer movimentar a máquina.

- NÚCLEO

É a parte do rotor que tem a função de concentrar o efeito eletromagnético induzido pelo estator.

- GAIOLA DE ESQUILO

A gaiola de esquilo é o bobinado do rotor e constitui o principal componente para o seu funcionamento elétrico. É feita, geralmente, de garras de alumínio ou cobre. O conjunto dá a idéia de uma gaiola cilíndrica, chamada de gaiola de esquilo.

- VENTILADOR

São placas salientes do rotor que, ao girar, provocam deslocamento de ar, permitindo ventilar as partes internas do motor.

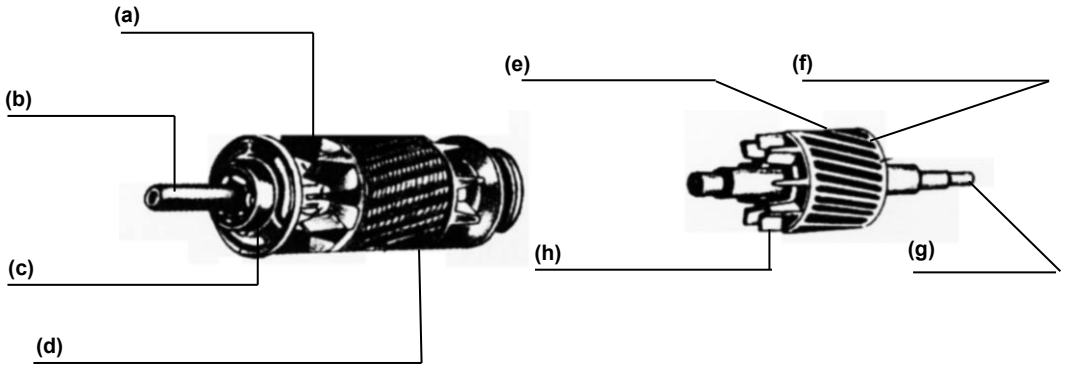
Essas placas são, geralmente, fundidas com as barras de alumínio, fazendo parte da gaiola de esquilo.

nota

Entre as várias peças que compõem o rotor, somente o núcleo e a gaiola de esquilo participam do funcionamento elétrico do motor. As outras peças participam do funcionamento mecânico.

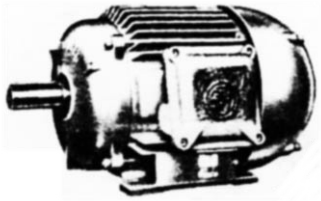
aplicação

Observe as ilustrações abaixo, e escreva ao lado da letra correspondente o nome de cada peça que compõe o rotor do motor.



5.3.1.3 – Tipos de motor de indução trifásico

Este motor pode apresentar dois tipos: o motor de rotor em curto-circuito ou gaiola de esquilo e o motor de rotor bobinado ou motor de anéis, cujas características serão descritas a seguir.



➢ MOTOR DE ROTOR EM CURTO-CIRCUITO OU GAIOLA DE ESQUILO

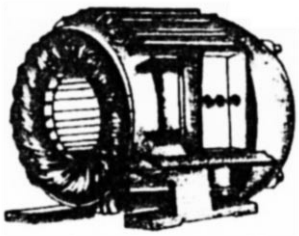
O motor de rotor em curto-circuito ou gaiola de esquilo é aquele que tem o bobinado do rotor feito de barras de alumínio ou cobre, fechadas em curto-circuito. O rotor gira a uma velocidade praticamente constante, variando apenas com a carga de máquina.

O motor de rotor em curto-circuito pode ter o estator com um bobinado, dois bobinados, ou um bobinado com ligação tipo **Dahlander**.

A diferença entre estes motores está no número de bobinados ou no tipo de ligação do bobinado do estator.

O motor de um bobinado pode ter 3, 6, 9 ou 12 pontas, para serem ligadas aos condutores de fases, dependendo do valor da tensão nominal da rede.

Portanto, temos: – Motor de um bobinado com 3 pontas (bornes ou terminais); – Motor de um bobinado com 6 pontas (bornes ou terminais); – Motor de um bobinado com 9 pontas (bornes ou terminais); – Motor de um bobinado com 12 pontas (bornes ou terminais).

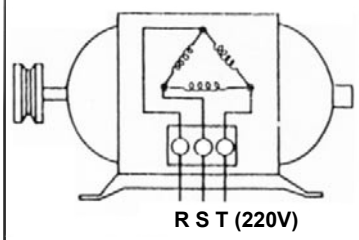


- MOTOR DE UM BOBINADO COM 3 PONTAS (bornes ou terminais)

O motor de 3 pontas ou terminais só pode ser ligado para um determinado valor de tensão da rede. Veja os exemplos.

exemplo

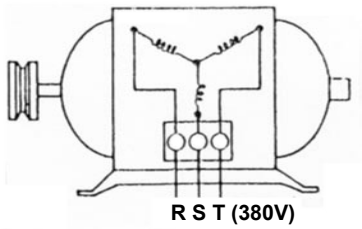
bobinado ligado em triângulo (Δ) dentro do motor



R S T (220V)

Ex. 1 – Se a tensão da rede for de 220V, o bobinado é ligado em triângulo (Δ) internamente. Em outras palavras, este motor não pode ser ligado em redes com valor de tensão diferente de 220V.

bobinado ligado em estrela (Y) dentro do motor

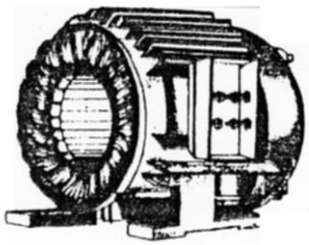


R S T (380V)

Ex. 2 – Se a tensão da rede for de 380V, o bobinado é ligado em estrela (Y). Em outras palavras, este motor não pode ser ligado em redes com valor de tensão diferente de 380V.

nota

Estas ligações não alteram a rotação do motor.

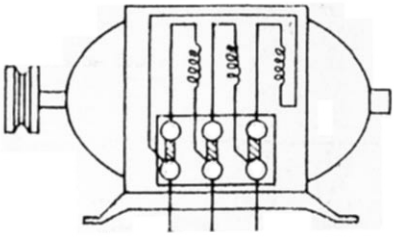


- MOTOR DE UM BOBINADO COM 6 PONTAS (bornes ou terminais)

O motor de 6 pontas pode ser ligado para dois valores de tensão. Basta, para isso, modificar as ligações dos bornes, conforme os exemplos que se seguem.

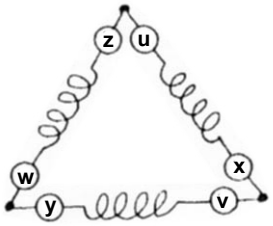
exemplo

o bobinado não é ligado internamente

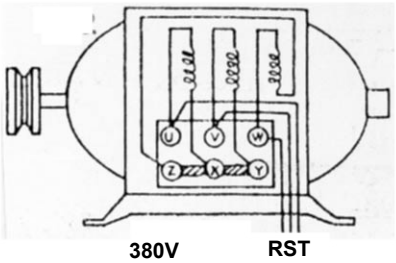


R S T (220V)

Ex. 1 – Se a tensão da rede for de 220V, o bobinado é ligado em triângulo (Δ) externamente. Para isto, é necessário ligar os bornes (U–Z) – (V–X) e (W–Y) nas fases (R– S– T)

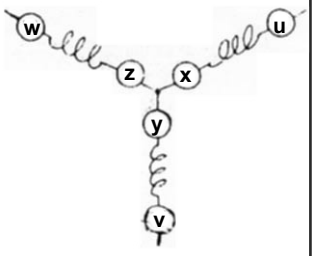


esquema da ligação em triângulo (Δ)



380V **RST**

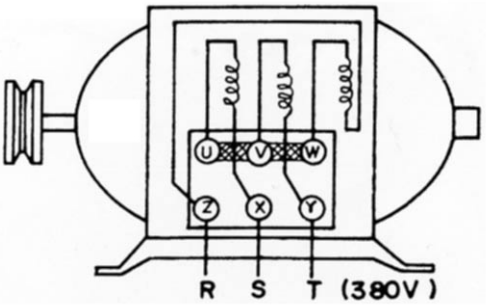
Ex. 2 – Se a tensão da rede for de 380V, o bobinado é ligado em estrela (Y) externamente. Para isto, devem-se ligar os bornes (Z–X–Y) separados de (U–V–W), para depois ligar (U–V–W) nas fases (R– S– T).



esquema da ligação em estrela (Y)

notas

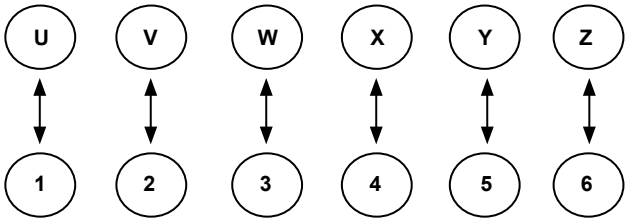
1 –



ex. 3 – Esta ligação pode ser feita quando a tensão da rede for 380V.

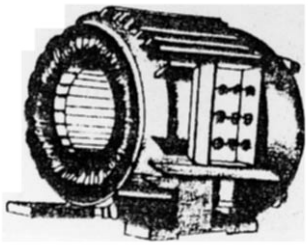
Para o caso do exemplo 2, pode--se ligar o motor em estrela de modo diferente, obtendo o mesmo resultado. Veja o exemplo 3, ao lado.

As pontas (bornes) dos motores podem ser identificadas por letras, conforme mostram os exemplos, ou podem ser identificadas por número, sendo que entre eles há a seguinte correspondência:



2 – As ligações mostradas nos exemplos não alteram a rotação do motor.

• MOTOR DE UM BOBINADO COM 9 PONTAS (bornes ou terminais)

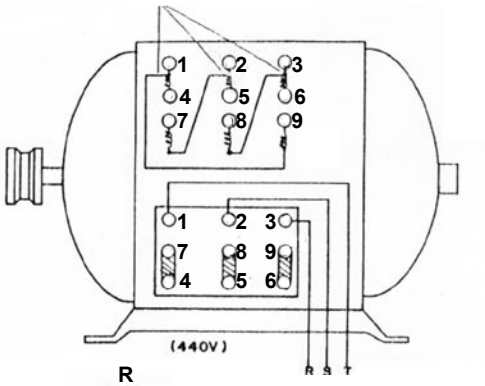


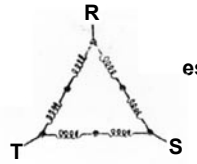
O motor de 9 bornes pode ser ligado para dois valores de tensão, sendo que um deles é sempre o dobro do outro. Estes valores podem ser: (220V – 440V), se o bobinado estiver ligado em triângulo (Δ) internamente; (380V – 760V), se o bobinado estiver ligado em estrela (Y) internamente. Veja os exemplos que se seguem.

exemplo

Ex. 1: Se a tensão da rede for de 440V, o bobinado é ligado em triângulo-série (Δ). Para isto, você deve ligar os bornes (4-7), (5-8), (6-9), para depois ligar (1-2-3) aos condutores de fases (R– S– T).

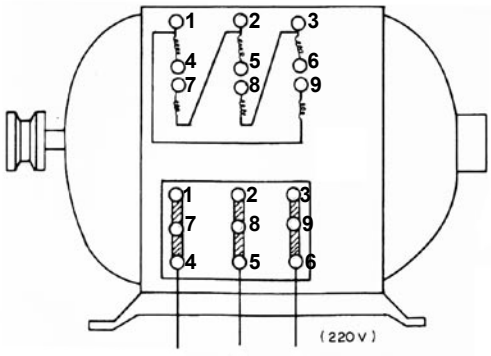
ligações internas em triângulo (Δ)

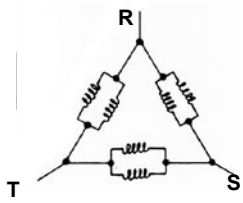




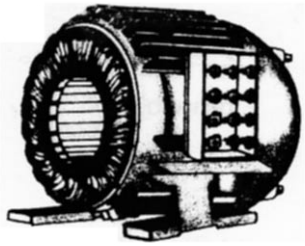
esquema da ligação triângulo-série

Ex. 2: Se a tensão da rede for de 220V, o bobinado é ligado em duplo triângulo (ΔΔ). Para isto, você deve ligar os bornes (1-4-7), (2-5-8) e (3-6-9) aos condutores de fases (R– S– T).





esquema da ligação triângulo paralelo ou duplo triângulo



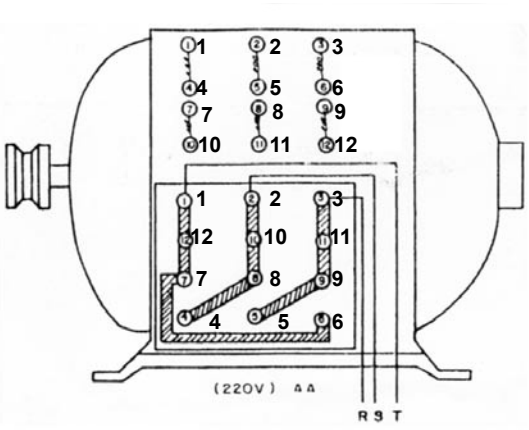
• MOTOR DE UM BOBINADO COM 12 PONTAS (bornes ou terminais)

O motor de 12 bornes pode ser ligado para quatro valores de tensão: 220V, 380V, 440V, 760V. Esses valores são determinados de acordo com a tensão nominal das redes trifásicas.

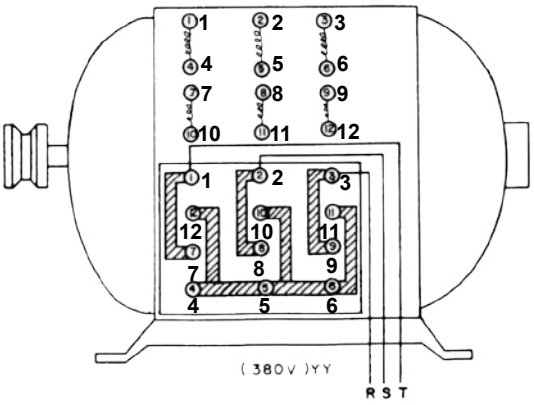
Os quatro exemplos que se seguem mostram as ligações do motor de 12 bornes.

exemplo

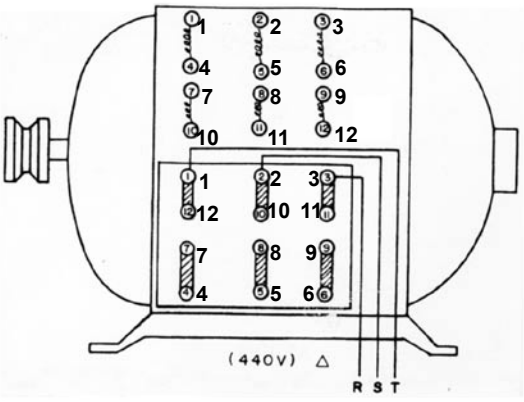
Ex. 1: Se a tensão da rede for de 220V, o bobinado é ligado em duplo-triângulo (ΔΔ). Para isto, basta ligar os bornes (1-12-7-6), (2-10-8-4) e (3-11-9-5) aos condutores de fases (R– S– T).



Ex. 2: Se a tensão da rede for de 380V, o bobinado é ligado em dupla estrela (YY). Para isto, devem-se ligar os bornes (4-5-6-10-11-12), para depois ligar (1-7) - (2-8) - (3-9) aos condutores de fases (R– S– T).

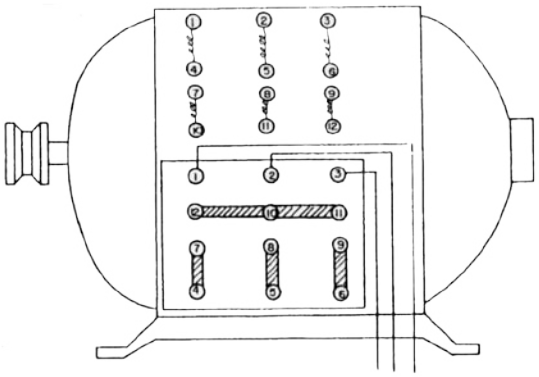


Ex. 3: Se a tensão da rede for de 440V, o bobinado é ligado em triângulo-série (Δ). Para isto, devem-se conectar os bornes (7-4) (8-5) e (9-6), para depois conectar os bornes (1-12) - (2-10) - (3-11) aos condutores de fases(R– S– T).



Ex. 4: Se a tensão da rede for de 760V, o bobinado é ligado em estrela-série (Y). Para isto, é suficiente conectar os bornes (7-4), (8-5) e (9-6), depois conectar os bornes (12-10-11), para finalmente conectar os bornes (1-2-3) aos condutores de fases (R– S– T).

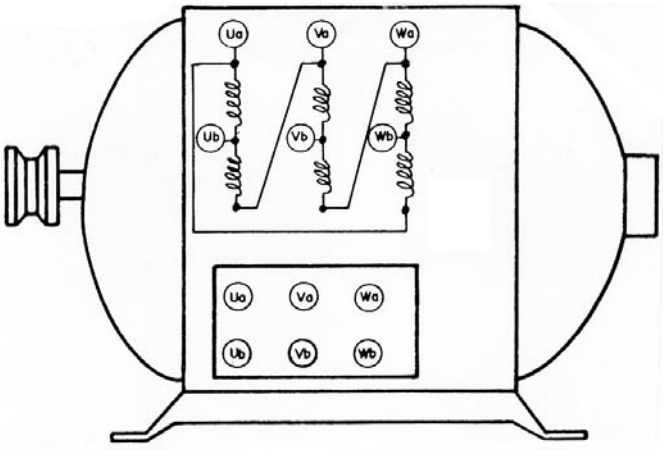
Esses tipos de ligações não alteram a rotação do motor.



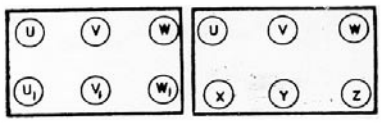
• MOTOR DE UM BOBINADO COM LIGAÇÕES TIPO DAHLANDER

Além dos motores de um bobinado com 3,6,9 ou 12 bornes, existe um tipo de motor com um bobinado, com ligações internas diferentes, chamadas de ligações tipo **Dahlander**. Estas ligações são idênticas às citadas anteriormente, porém modificam a rotação do motor.

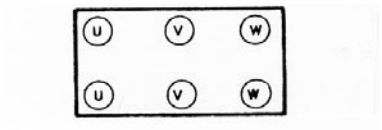
O motor de um bobinado com ligações tipo **Dahlander** difere na maneira de ligar o bobinado e na identificação dos bornes. O aspecto do motor com ligação tipo Dahlander é o mesmo do motor com um bobinado, porém eles só podem ser ligados para um único valor de tensão e suas rotações são diferentes: ou baixa, ou alta rotação.



Normalmente, este tipo de motor vem com uma placa de seis bornes, identificados por letras e índices, conforme figura ao lado.

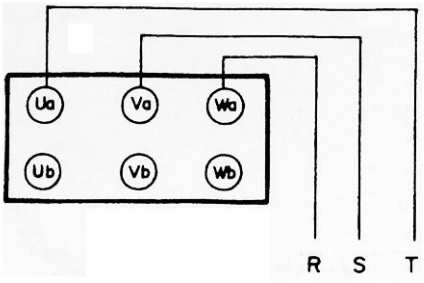


É possível também que estes bornes estejam identificados da seguinte forma:



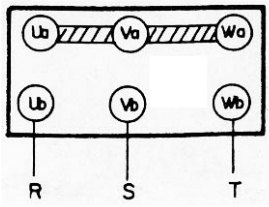
Através de dois exemplos, serão mostradas as ligações da placa de bornes do motor tipo Dahlander.

exemplo



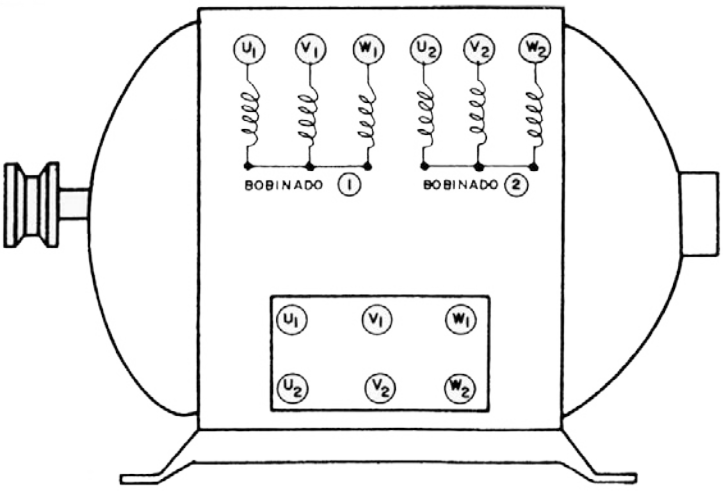
Ex. 1: Para baixa rotação, é suficiente ligar os condutores de fases (R– S– T) aos bornes (Ua – Va – Wa) e deixar os bornes (Ub – Vb – Wb) sem ligação.

Esta ligação é chamada também de triângulo (Δ).



Ex. 2: Para alta rotação, conectar os bornes (Ua – Va – Wa), para depois ligar os condutores de fases (R– S– T) aos bornes (Ub – Vb – Wb).

Esta ligação é chamada de dupla estrela (YY).



➢ LIGAÇÕES DO MOTOR DE DOIS BOBINADOS

O motor de dois bobinados, como o próprio nome sugere, tem, em um só estator, dois bobinados superpostos, com características diferentes, que permitem ao motor ter duas rotações (baixa e alta), normalmente para apenas um valor de tensão.

Em geral, este tipo de motor vem com uma placa de seis bornes, três para cada bobinado, identificados conforme a figura acima.

As ligações são, geralmente, em estrela (internas). Quando um bobinado ($U_1 – V_1 – W_1$), por exemplo, é ligado aos condutores de fases (R– S– T), o motor gira com baixa rotação. Ao ser ligado o outro bobinado, o motor gira com alta rotação.

nota

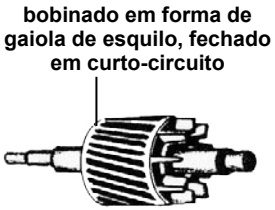
Se o bobinado ($U_1 – V_1 – W_1$), por exemplo, estiver ligado às fases (R– S– T), é preciso abrir (desligar) o bobinado ($U_2 – V_2 – W_2$), para que não haja circulação de corrente no bobinado desligado, e vice-versa. Por isso, os estatores de dois bobinados, normalmente, vêm ligados em estrela. Contudo, é possível fazer ligações diferentes nos estatores de dois bobinados.

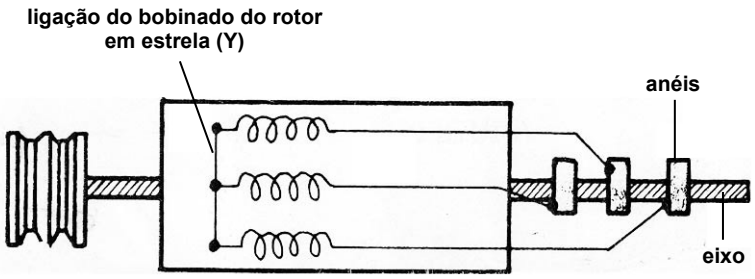
exemplo

Um bobinado pode ser ligado em estrela e o outro pode ser ligado em triângulo, mas é preciso que, quando um bobinado estiver funcionando, o outro esteja desligado do circuito e suas ligações devem ser desfeitas, para que não haja circulação de corrente pelo bobinado desligado.

➢ MOTOR DE ROTOR BOBINADO OU MOTOR DE ANÉIS

O estator do motor bobinado é idêntico ao do motor em curto-circuito. A diferença está principalmente no rotor. Veja abaixo as ilustrações dos rotores, para as comparações necessárias.

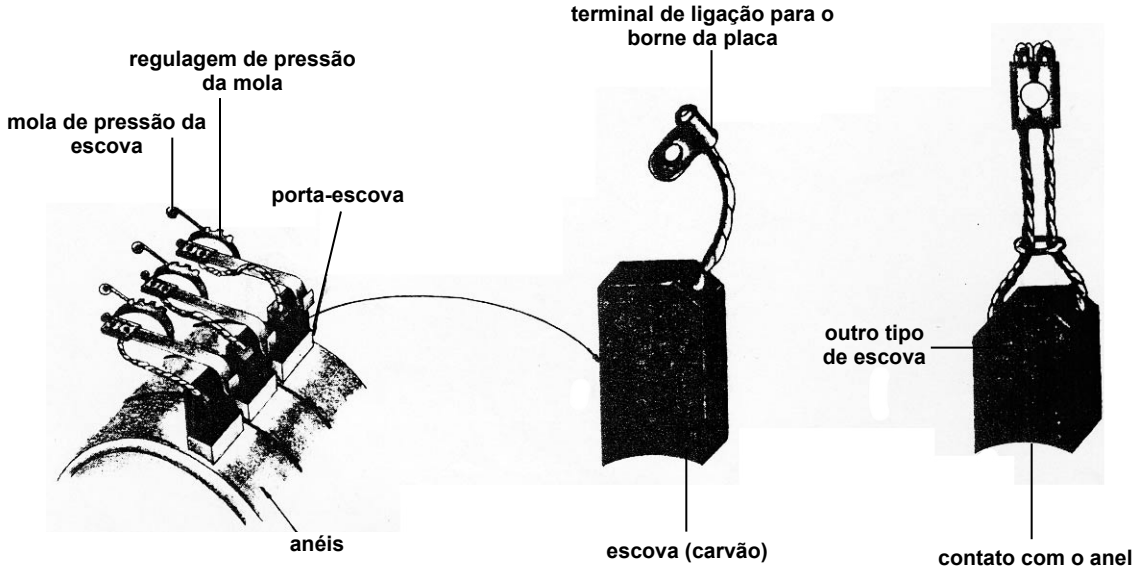




O bobinado do rotor é ligado em estrela, conforme o esquema ao lado.

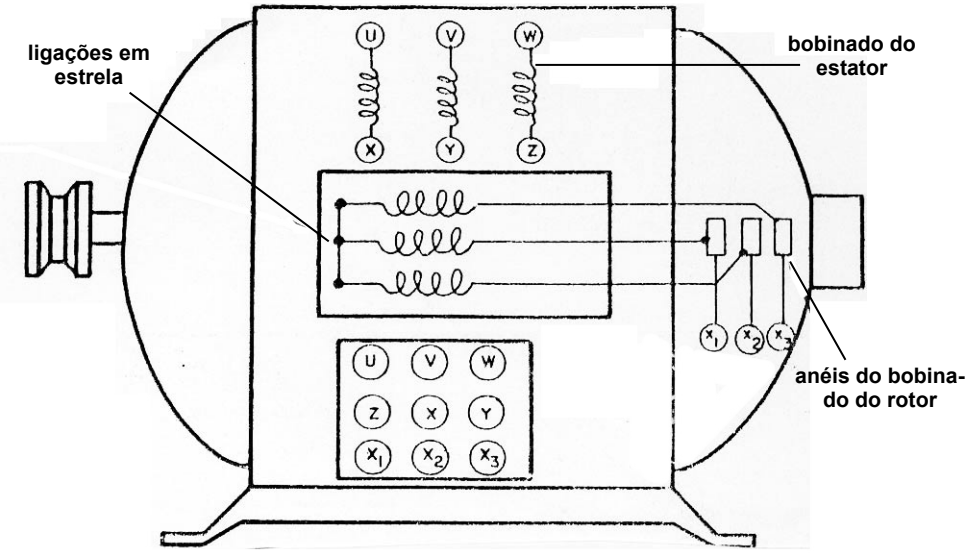
O rotor bobinado tem seus anéis ligados à placa de bornes do estator através de uma conexão especial, pois os anéis giram com o rotor, mas a placa de bornes não é giratória. Esta conexão especial é feita através de "escovas" ou carvão mineral (carvão mineral é o mesmo material empregado na fabricação de grafite para lápis). O carvão mineral (escova) é um material macio e condutor de corrente elétrica, que permite o contato entre os anéis do rotor e os bornes da placa.

Veja as ilustrações abaixo.



As ligações do estator são as mesmas do motor de um bobinado com placa de seis bornes, permitindo normalmente as ligações em (Y) estrela (380V) e (Δ) triângulo (220V).

Além dos seis bornes do bobinado do estator, existem mais três bornes do rotor, ficando a placa do motor de rotor bobinado com nove bornes, assim identificados: ($X_1 – X_2 – X_3$) ou (R– R– R).

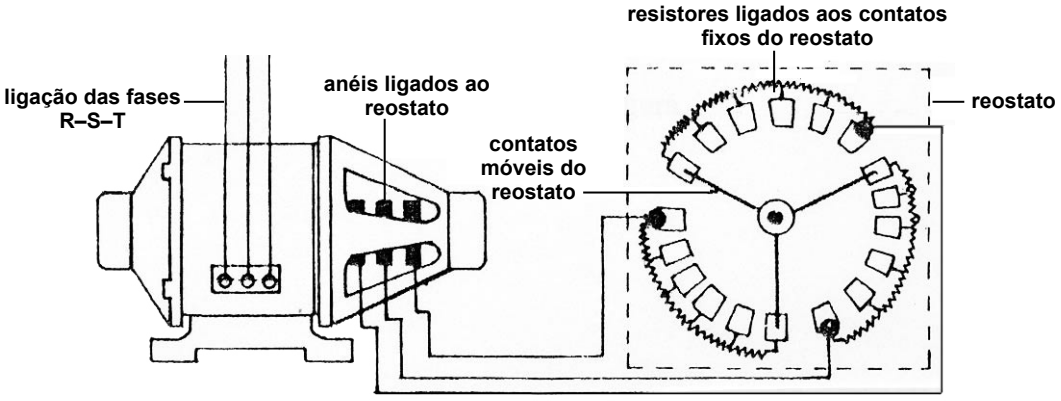


nota

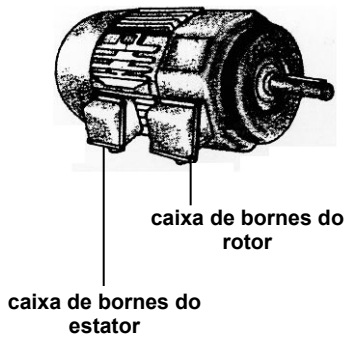
Os bornes ($X_1 –X_2 – X_3$) da placa não são ligados aos condutores de fases (R– S– T). Eles são ligados a um dispositivo chamado de reostato, que tem a função exclusiva de fazer variar a rotação do motor.

O reostato é, então, um dispositivo de controle de velocidade do motor de rotor bobinado. É composto por três conjuntos de resistores ligados aos contatos fixos do reostato. Ao girar os contatos móveis, aumenta-se ou diminui-se a rotação do motor.

Veja a ilustração abaixo, com a ligação do estator, anéis e reostato.



Os bornes ($X_1 –X_2 – X_3$) são ligados aos terminais dos extremos de cada conjunto de resistores do reostato.

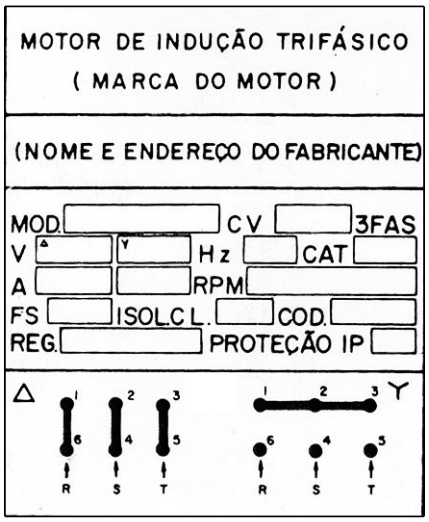


Alguns motores de rotor bobinado vêm com duas caixas de bornes, uma para o estator e outra para o rotor. Isso facilita a instalação do reostato.

5.3.1.4 – Características nominais do motor de indução trifásico

As características do motor de indução estão contidas na sua placa de identificação.

Quando um fabricante projeta um motor, usa certos valores, de acordo com:



– as características da rede que irá fornecer energia elétrica ao motor;

– o tipo de máquina que o motor fará funcionar;

– as condições em que o motor irá funcionar, etc.

Esses valores característicos dos motores vêm escritos na placa de dados. Nela estão indicados, de maneira direta ou indireta, todas as informações básicas necessárias para aplicação daquele motor. Veja uma destas placas na figura ao lado.

Existem normas que padronizam as informações contidas nas placas de características nominais dos motores elétricos. Estas normas podem ser ABNT – IEC – NEMA – etc.

Neste livro, foram escolhidas as normas da ABNT, para a descrição daquelas características. Serão descritas nove dentre as informações constantes da placa apresentada na figura acima.

1. TENSÃO NOMINAL (V)

2. CORRENTE NOMINAL (A)

3. FREQÜÊNCIA NOMINAL (Hz)

4. POTÊNCIA NOMINAL (cv)

5. VELOCIDADE NOMINAL(rpm)

6. CLASSE DE ISOLAMENTO (Isol. Cl)

7. FATOR DE SERVIÇO (F.S.)

8. GRAU DE PROTEÇÃO (Proteção IP)

9. REGIME DE TRABALHO (Reg.)

- TENSÃO NOMINAL (V)

A tensão nominal do motor de indução trifásico é o valor da tensão da rede para qual o motor foi projetado, para que possa funcionar normalmente sem se aquecer em excesso.

O isolamento do motor é feito baseado na tensão nominal do motor. Por isso, antes de ligar um motor à rede, veja primeiro se a tensão nominal da rede está de acordo com a tensão nominal do motor.

Conforme já foi visto no estudo das ligações dos motores de indução trifásicos, eles podem ter 3, 6, 9 ou 12 bornes, que permitem a adaptação de um mesmo motor para diversos valores da rede. Assim:

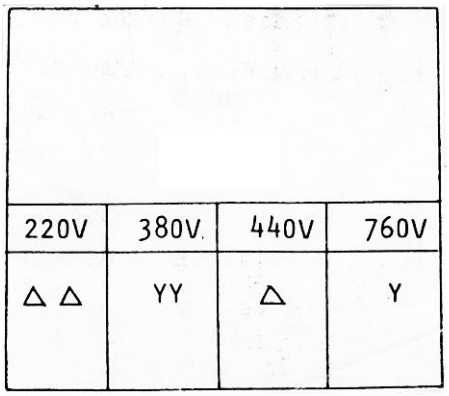
– se o motor tiver sua placa com 3 bornes, sua tensão nominal terá apenas um valor;

– se o motor tiver sua placa com 6 bornes, ele terá dois valores de tensão nominal;

– se o motor tiver sua placa com 9 bornes, ele terá dois valores de tensão nominal, sendo um o dobro do outro;

– se o motor tiver sua placa com 12 bornes, ele terá quatro valores de tensão nominal.

exemplo



Esta placa de dados indica que este motor pode ser ligado a quatro valores de tensão diferentes, dependendo da tensão nominal da rede. Se a rede for de 220V, ele deverá ser ligado em (ΔΔ) duplo triângulo.

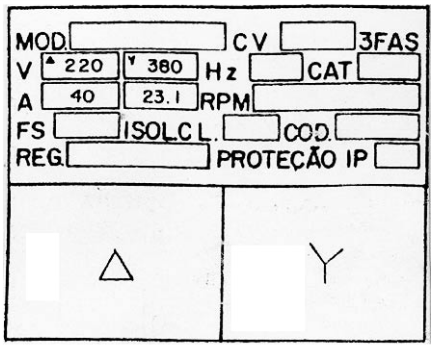
- CORRENTE NOMINAL (A)

A corrente nominal do motor é o valor da corrente elétrica que circula em cada um dos condutores de fases (R –S–T) quando o motor está funcionando a plena carga.

Diz-se que um motor está funcionando a plena carga, quando ele movimenta uma máquina que exige toda a sua capacidade.

Assim como a tensão nominal, a corrente nominal também pode ter mais de um valor, dependendo da tensão nominal da rede.

exemplo



Esta placa de dados indica que, quando esse motor estiver ligado em triângulo(Δ), a tensão nominal é de 220V e a corrente em cada condutor de fase é 40A, com o motor a plena carga.

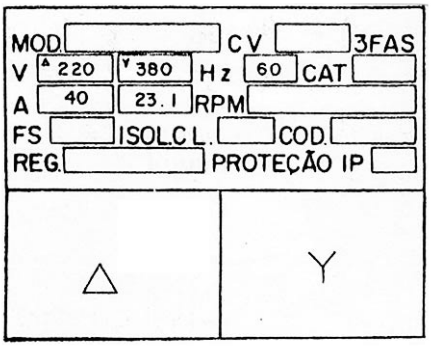
➢ FREQÜÊNCIA NOMINAL (Hz)

Como o motor de indução é ligado em corrente alternada (ca), é necessário que se indique o valor da freqüência da corrente alternada em que o motor deve funcionar. A freqüência é dada em Hz.

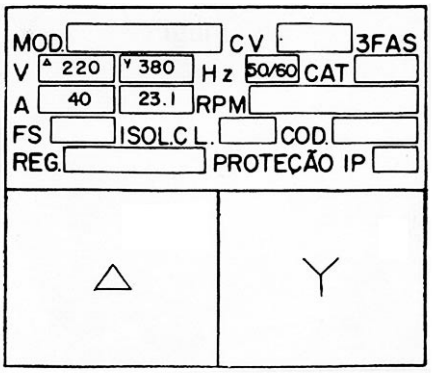
A freqüência nominal dos motores é estabelecida de acordo com o núcleo e o bobinado. Por isso, antes de ligar um motor de indução à rede, veja primeiro se a freqüência nominal do motor está de acordo com a freqüência nominal da rede.

exemplo

Esta placa de dados indica que este motor só pode ser ligado a uma rede cujo valor de freqüência é de 60Hz.



Esta placa de dados indica que este motor pode ser ligado a uma rede com freqüência de 50Hz ou de 60Hz.



➢ POTÊNCIA NOMINAL (cv)

A potência nominal é o valor da capacidade do motor em fazer movimentar uma máquina. Este valor é dado em cavalo-vapor (cv) ou em quilowatt(kW), que é um múltiplo da unidade de medida da potência elétrica.

Como o motor transforma a energia elétrica em energia mecânica, a potência nominal de um motor pode ser dada em potência elétrica(kW) ou em potência mecânica(cv).

Se na placa de dados de um motor estiver escrita a potência em cavalo-vapor (cv), é possível estabelecer a potência elétrica correspondente em quilowatt (kW). Veja o exemplo abaixo.

aplicação

cv = 0,75kW (Procure memorizar este valor.)

Exemplo 1 – Se se deseja saber o valor da potência elétrica, em kW, de um motor cuja potência mecânica é de 2cv, basta multiplicar o valor (0,75) por 2.

Assim temos:

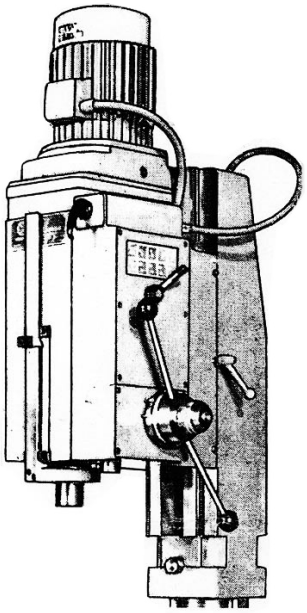
0,75 x 2 = 1,5kW.

Exemplo 2 – Se se deseja saber o valor da potência mecânica, em cv, de um motor cuja potência elétrica é de 11kW, basta dividir o valor (11) por (0,75).

Assim, temos :

11 : 0,75 = 14,6 cv ou, aproximadamente, 15 cv.

RELAÇÃO ENTRE POTÊNCIAS ELÉTRICA E MECÂNICA, PARA COMPARAÇÃO



Exemplo: Se um motor tem uma potência nominal de 10cv, isto quer dizer que ele é capaz de movimentar uma máquina que necessita dessa potência mecânica, para poder produzir trabalho.

Por outro lado, os condutores da rede que alimentam o motor deverão ser capazes de transportar uma potência elétrica de (0,75 x 10 = =7,5kW), sem se aquecerem em excesso.

Potência mecânica: 10cv

Potência elétrica do motor: 7,5kW

Os condutores que alimentam este motor com as fases (R–S–T) devem ser capazes de transportar a potência elétrica de 7,5kW sem se aquecerem.

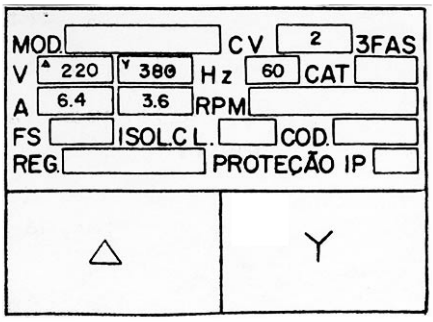
É possível que esteja determinada na placa de dados dos motores elétricos a potência em HP, que são as iniciais de duas palavras inglesas (**horse power)**

ou em nosso idioma (**cavalo-vapor**). Entretanto, é bom saber que, segundo as normas da ABNT, a potência mecânica será sempre dada em (cv).

A potência nominal para os motores de um bobinado não se modifica com o valor da tensão, exceto para os motores tipo Dahlander. Se o motor for de dois bobinados, é possível que ele tenha duas potências nominais diferentes. Veja os exemplos apresentados em seguida.

exemplo

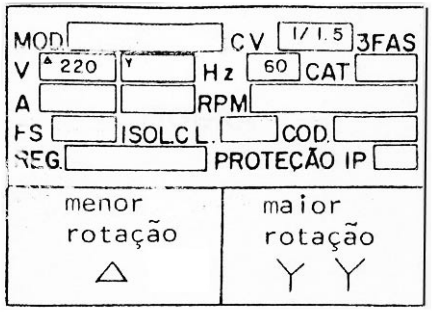
Ex. 1 – Esta placa de dados indica que este motor tem uma potência nominal de 2cv, quer seja ligado em 220V ou 380V.



Ex. 2 – Esta placa de dados indica que este motor é do tipo Dahlander, e tem dois valores de potência nominal.

1cv – quando ligado em triângulo (Δ).

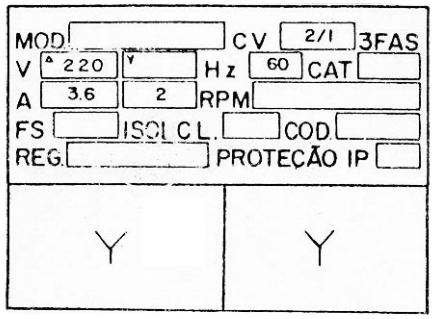
1,5cv – quando ligado em dupla estrela(YY).



Ex. 3 – Esta placa de dados indica que este motor é de dois bobinados, e tem dois valores de potência nominal.

2cv – para o bobinado 1, ligado em estrela (Y).

1cv – para o bobinado 2, ligado em estrela (Y).



- VELOCIDADE NOMINAL (rpm)

A velocidade nominal é o valor da rotação do rotor, medido em cada minuto, ou seja, é o número de rotações por minuto (rpm) do rotor, sob tensão, freqüência e potência nominais do motor.

O motor de indução é chamado também de motor assíncrono, conforme já se estudou no início deste capítulo.

A rotação do rotor é devida à indução do efeito eletromagnético do bobinado do estator.

Quando o motor está funcionando, o efeito criado pelo bobinado do estator é dividido em pólos eletromagnéticos. Portanto, o rotor gira de acordo com o número de pólos do motor.

Para que o motor tenha força suficiente para movimentar as máquinas, é necessário que o rotor gire com velocidade um pouco menor que o efeito eletromagnético. Por isso, ele é chamado de motor assíncrono.

Quando o motor está sem carga, a rotação do rotor é praticamente igual à rotação do efeito eletromagnético criado pelo estator. Além do número de pólos, a rotação do motor depende da freqüência nominal do motor, pois aumentando a freqüência, aumenta a rotação do motor.

Assim fica claro que a rotação do motor depende do número de pólos e do valor da freqüência nominal.

notas

Se a tensão nominal da rede for muito menor do que a tensão nominal do motor, o efeito eletromagnético criado pelo estator pode não ser suficiente para fazer movimentar a máquina, fazendo diminuir a rotação do motor.

Se a potência nominal do motor for menor do que a potência exigida pela máquina, o motor terá sua rotação diminuída, pois ele não será capaz de movimentar tal máquina.

A tabela abaixo relaciona o número de pólos (P), o número de rotações por minuto (rpm) e a freqüência (f) dos motores de indução trifásicos.

NÚMEROS DE PÓLOS (P)	rpm	FREQÜÊNCIA (f)
II	3000	50Hz
	3600	60Hz
IV	1500	50Hz
	1800	60Hz
VI	1000	50Hz
	1200	60Hz
VIII	750	50Hz
	900	60Hz

exemplo

Num motor de VIII pólos, o rotor gira com 900rpm, se ele for ligado a uma rede cujo valor de freqüência é de 60Hz. Caso este motor seja ligado a uma rede de 50Hz, o valor da rotação seria 750rpm.

notas

Normalmente, a placa de dados não traz o número de pólos do motor. Entretanto, é possível saber, pelo número de rotações por minuto(rpm), quantos pólos tem aquele motor.

– Pela tabela, você deve ter observado que os motores têm sempre um número **par** de pólos.

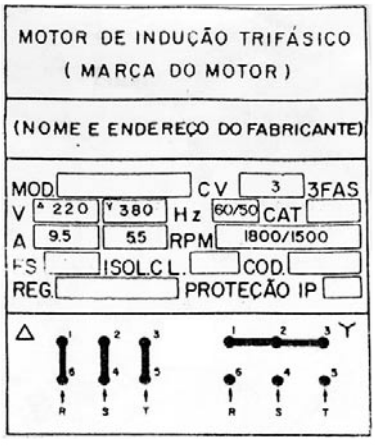
– Na tabela foram mostradas apenas as rpm dos motores de II, IV, VI e VIII pólos, nas freqüências de 50 Hz e 60Hz, por serem as mais comuns nas indústrias, mas os motores podem ter qualquer número de pólos, desde que seja um número **par**.

exemplo

Esta placa de dados indica que este motor gira com 1800rpm, quando ligado a uma rede de 60Hz e com 1500rpm, quando ligado a uma rede de 50Hz.

Caso seja necessário saber o número de pólos, basta-nos utilizar a tabela acima.

No caso, trata-se de um motor de IV pólos.



aplicação

Você pode calcular o número de pólos de qualquer motor trifásico. Para isto, basta aplicar a fórmula:

$P = \frac{f \times 120}{rpm}$ onde P = números de pólos

f = freqüência nominal do motor

rpm = número de rotações por minuto do motor.

Quantos pólos tem um motor que gira 3600rpm, quando ligado a uma rede cujo valor de freqüência (f) é de 60Hz ?

Aplicando a fórmula, temos:

$P = \frac{f \times 120}{rpm}$ $P = \frac{60 \times 120}{3600}$ P = 2 pólos

- CLASSE DE ISOLAMENTO (ISOL.C1.)

A classe de isolamento está relacionada com o isolamento e a temperatura do bobinado dos motores. É o máximo de temperatura com que um motor pode funcionar, sem deixar que o bobinado se queime.

Este valor é dado por letras, que indicam a temperatura medida em graus Celsius. Cada letra indica um valor de classe de isolamento, padronizada pela ABTN.

Tabela de Classes de isolamento de motores, quanto à temperatura (para motores de potência nominal abaixo de 5000cv).

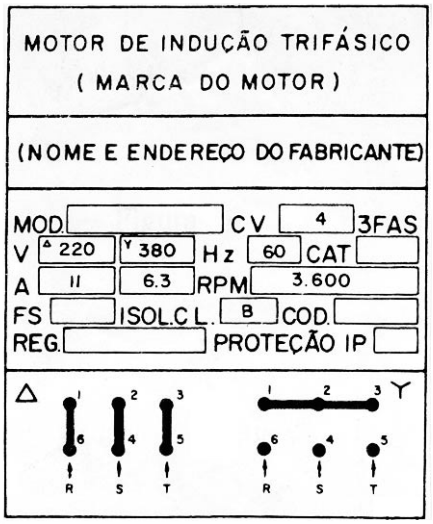
CLASSE DE ISOLAMENTO	VALOR EM GRAU CELSIUS
A	105ºC
E	120ºC
B	130ºC
F	155ºC
H	180ºC

Esta tabela é normalizada pela ABNT na norma (EB – 120), e é considerada válida, desde que a temperatura ambiente onde se encontra o motor seja no máximo de 40ºC.

Além disto, é difícil medir a temperatura do bobinado do motor com termômetros, pois a temperatura varia de um ponto para outro e nunca se sabe qual é o ponto que se encontra a uma maior temperatura.

nota

A classe de isolamento define a qualidade do material empregado no isolamento do bobinado de um motor, conforme se pode observar pela tabela. Para os motores normais, é empregado, no máximo, isolamento classe F(155ºC). Para valores acima de 155ºC, é necessário material isolante especial. Veja um exemplo prático.



Esta placa de dados indica que este motor é fabricado com o isolamento do bobinado capaz de suportar temperatura de, no máximo, 130ºC, segundo tabela de classe de isolamento da ABNT.

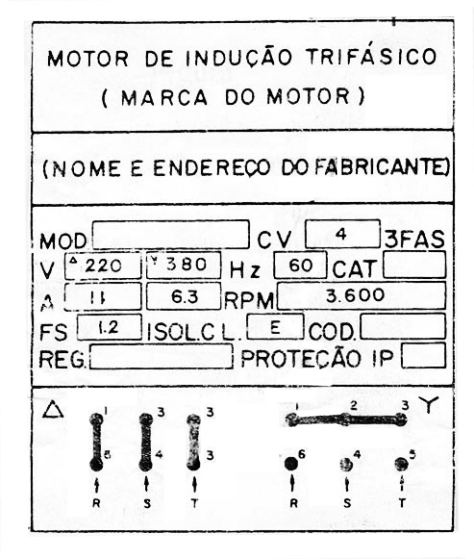
- FATOR DE SERVIÇOS (F.S.)

O fator de serviço é um valor pré-estabelecido pela fábrica de motores que, multiplicado pela potência nominal do motor, lhe garante um funcionamento normal, caso haja um aumento na potência exigida pela máquina. Em outras palavras, o fator de serviço é uma reserva de potência que dá ao motor uma capacidade de suportar melhor o funcionamento, caso haja um aumento na potência exigida pela máquina.

O fator de serviço varia de 1,0 a 1,5.

Veja o exemplo prático:

exemplo



Esta placa de dados indica que este motor tem uma potência nominal de 4cv, mas é capaz de movimentar uma máquina que necessite de (4 x 1,2 = 4,8cv) ou seja, esse motor tem uma reserva de 0,8cv.

nota

Se na placa de dados de um motor não estiver escrito o valor do fator de serviço, ou se o fator de serviço for igual a (1,0), isto significa que o referido motor não foi projetado para funcionar com um aumento de potência, ou seja, não há reserva de potência.

- GRAU DE PROTEÇÃO (IP)

O grau de proteção de um motor é um código, padronizado pela ABNT, formado das letras IP, seguidas de um número de dois algarismos, que define o tipo de proteção do motor contra a entrada de água, pó ou objetos estranhos.

O código citado é válido para todo equipamento elétrico.

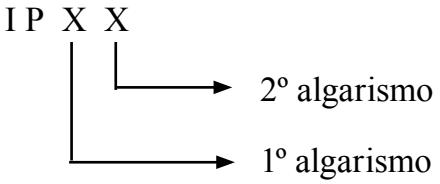
Vejamos como decifrar o código do grau de proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos e contra contatos acidentais.

nota

O código citado é válido para todo equipamento elétrico.

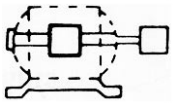
Vejamos como decifrar o código do grau de proteção contra penetração de corpos sólidos estranhos e contra contatos acidentais.

Este código vem escrito da seguinte forma:

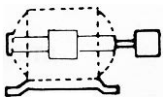


1º ALGARISMO : Indica o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos e contatos acidentais.

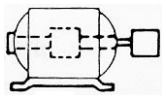
IPOX 0 – Se o primeiro algarismo for 0 (zero), isto indica que o motor não tem proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos.



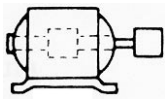
IPIX 1 – Se o primeiro algarismo for 1 (um), isto indica que o motor está protegido contra a penetração de corpos sólidos estranhos com dimensões acima de 50mm ou 5cm.



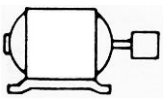
IP2X 2 – Idêntico ao anterior, sendo que a proteção é contra corpos sólidos estranhos, com dimensões acima de 12mm.



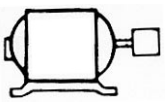
IP3X 3 – Proteção contra corpos sólidos estranhos, acima de 1mm.



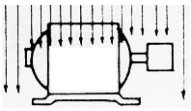
IP4X 4 – Proteção contra acúmulo de poeiras, prejudicial ao motor.



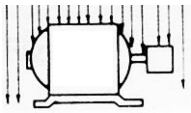
IP5X 5 – Proteção total contra penetração de poeiras.



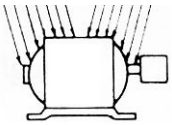
2º ALGARISMO : Indica o grau de proteção contra penetração de água no interior do motor.



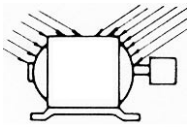
IPX0 0 – Sem proteção.



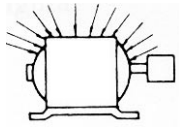
IPX1 1 – Proteção contra a penetração de pingos de água na vertical.



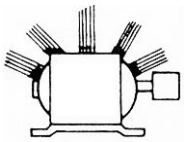
IPX2 2 – Proteção contra a penetração de pingos de água com inclinação até 15º com a vertical.



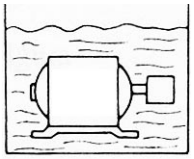
IPX3 3 – Proteção contra a penetração de pingos de água com inclinação até 60º com a vertical.



IPX4 4 – Proteção contra respingos de todas as direções.



IPX5 5 – Proteção contra jatos de água de todas as direções.



IPX6 6 – Proteção total; permite que o motor seja imerso temporariamente.

Se combinarmos estes algarismos, isto é, os critérios de proteção, podemos ter a seguinte tabela:

TABELA DE GRAUS DE PROTEÇÃO

MOTOR	CLASSE DE PROTEÇÃO	1º ALGARISMO		2º ALGARISMO
		PROTEÇÃO CONTRA CONTATO	PROTEÇÃO CONTRA CORPOS ESTRANHOS	PROTEÇAO CONTRA PENETRAÇÃO DE ÁGUA
MOTORES ABERTOS	I P 00	Não tem.	Não tem.	Não tem.
	I P 0 2	Não tem.	Não tem.	Pingos de água até uma inclinação de 15º com a vertical.
	1P 1 1	Toque acidental com a mão.	Corpos estranhos de dimensões acima de 50mm.	Pingos de água na vertical.
	I P 1 2	"	"	Pingos de água até uma inclinação de 15º com a vertical.
	I P 1 3	"	"	Água de chuva até uma inclinação de 60º com a vertical.
	I P 2 1	Toque acidental com os dedos	Corpos estranhos de dimensão acima de 12mm.	Pingos de água na vertical.
	I P 2 2	"	"	Pingos de água até uma inclinação de 15º com a vertical.
	I P 2 3	"	"	Pingos de água até uma inclinação de 60º com a vertical.
MOTORES FECHADOS	I P 4 4	Toque acidental com ferramentas.	Corpos estranhos sólidos acima de 1mm.	Respingos de todas as direções.
	I P 5 4	Proteção contra toques acidentais.	Acúmulo de poeiras nocivas.	Respingos de água de todas as direções.
	I P 5 5	"	"	Jatos de água de todas as direções.
	I P 5 6	"	"	Imersão temporária.
	I P 6 5	"	Penetração de poeiras.	Jatos de água de todas as direções.

nota

É possível encontrar a letra (W), colocada entre as letras IP e os algarismos indicativos do grau de proteção, para indicar que o motor é protegido contra intempéries (chuva, maresia, etc.). Esses motores são também chamados de motores de uso naval.

- REGIME DE TRABALHO (Reg.)

O regime de trabalho de um motor é uma característica que prevê o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido, ou seja, se o motor é ligado a todo instante, se o motor é ligado e a carga é constante durante todo o tempo em que o motor está funcionando, ou se a carga mínima varia a cada instante.

O regime de trabalho de um motor pode ser contínuo ou alternado. Normalmente, os motores são fabricados para um regime contínuo, ou seja, para cargas constantes durante todo o tempo.

Caso se deseje um motor com regime de trabalho alternado, o comprador deve encomendar este motor, indicando todos os dados das variações de regime que ele deseja.

Vamos citar apenas os mais comuns, para exemplificar, pois são vários os tipos de regime.

Os regimes de trabalho são identificados por símbolos alfa-numéricos, segundo o seguinte critério:

a – Regime Contínuo (S_1) – Funcionamento a carga constante.

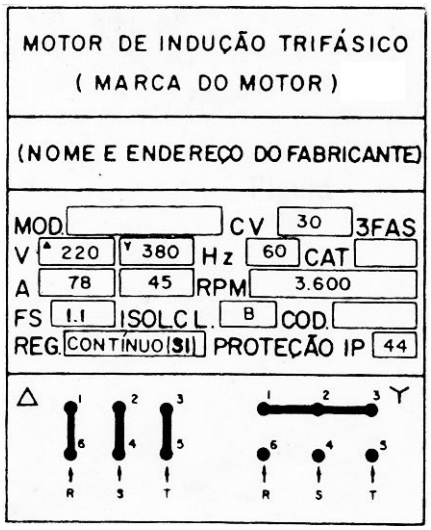
b – Regime de Tempo Limitado (S_2) – Funcionamento alternado (funciona por alguns instantes, depois pára, volta a funcionar, pára, etc.), sendo que não há tempo definido de funcionamento ou parada.

c – Regime Intermitente Periódico (S_3) – Funcionamento alternado (porém, com tempo definido de funcionamento e parada).

Vamos a um exemplo prático, através de uma placa de dados de um motor.

exemplo

Esta placa de dados indica que este motor foi fabricado para um regime de trabalho contínuo, ou seja, a carga no motor é constante durante todo o tempo em que ele estiver funcionando.



Além destas informações que acabamos de descrever, as placas de dados de um motor contêm outras que vamos citar, para se possa ter conhecimento total da placa de dados.

– MOD – Número do modelo de identificação; é a referência do fabricante, para casos de reclamações quanto à garantia de funcionamento do motor.

– 3FAS – Número de fases a que o motor deve ser ligado.

– CAT – É a categoria do motor , identificada por uma das seguintes letras: A – B –C – D – F . Estas letras indicam as características de partida dos motores, segundo normas da ABNT. Estes dados são próprios para os projetistas de máquinas.

– COD – São letras que indicam o código de partida do motor. Este código é baseado na relação entre potência do motor ligado, estando o rotor travado, e a potência nominal do motor. Estes dados são próprios para os projetistas de máquinas.

06

Componentes Elétricos para Acionamento de Circuitos Elétricos

6 – Componentes elétricos para acionamento de circuitos elétricos

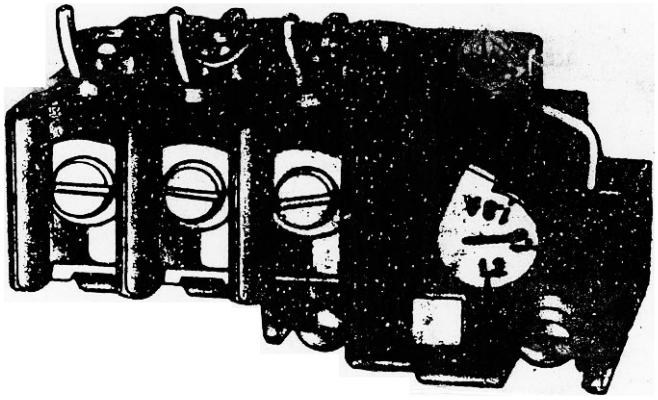
Os circuitos elétricos dispõem de componentes elétricos para seu acionamento.

Estes componentes, considerados dispositivos de proteção do circuito elétrico, são: o **relé térmico de sobrecarga** – que protege o motor; a **botoeira** – que comanda a chave magnética, e o **contator** – que manobra o motor.

6.1 – Relé térmico de sobrecarga

6.1.1 – Conceito

Relé térmico de sobrecarga é um dispositivo que protege os motores elétricos contra os efeitos de sobrecarga, atuando pelo efeito térmico causado pela corrente elétrica.

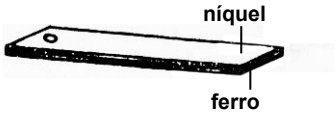


Esse relé funciona baseado na deformação que ocorre nos **elementos bimetálicos**, quando sofrem um aumento de temperatura. Por esta razão, também é chamado de relé bimetálico.

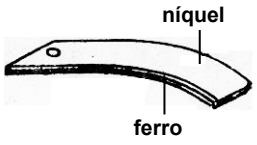
6.1.2 – Constituição

Esse relé é constituído por dois dispositivos: o elemento bimetálico e o interruptor.

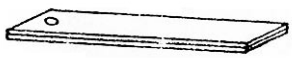
6.1.2.1 – Elemento bimetálico



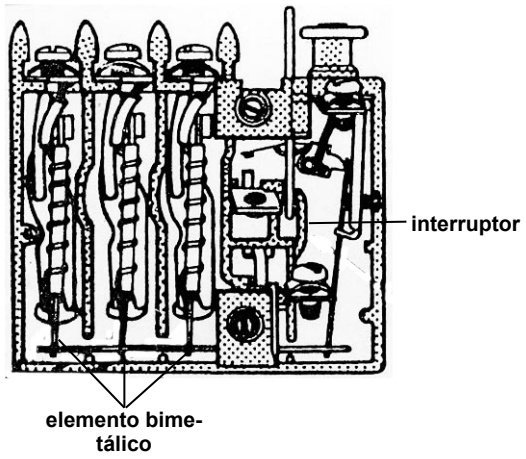
É constituído de duas lâminas, bastante finas, de metais de diferentes coeficientes de dilatação. Essas lâminas normalmente são de ferro e níquel, sobrepostas e soldadas, formando o **bimetal**.



Como o coeficiente de dilatação do ferro é menor que o coeficiente de dilatação do níquel, este conjunto, quando aquecido, provoca um encurvamento.

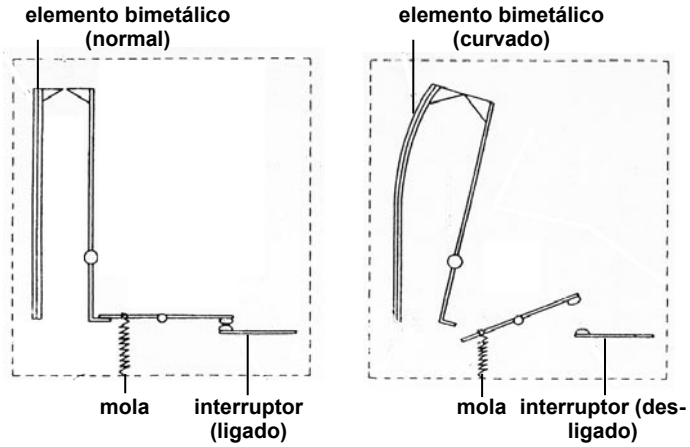


Esse efeito é aproveitado para proteger os motores elétricos, para que não venham a queimar o seu bobinado quando for solicitada uma sobrecarga. A corrente absorvida pelo motor elétrico passa (direta ou indiretamente) através do elemento bimetálico. No caso de haver uma sobrecarga no motor, haverá um aumento de corrente nos seus bobinados. Essa corrente de maior intensidade, **passará através do elemento bimetálico**, provocando o seu aquecimento, o que ocasionará o seu encurvamento.



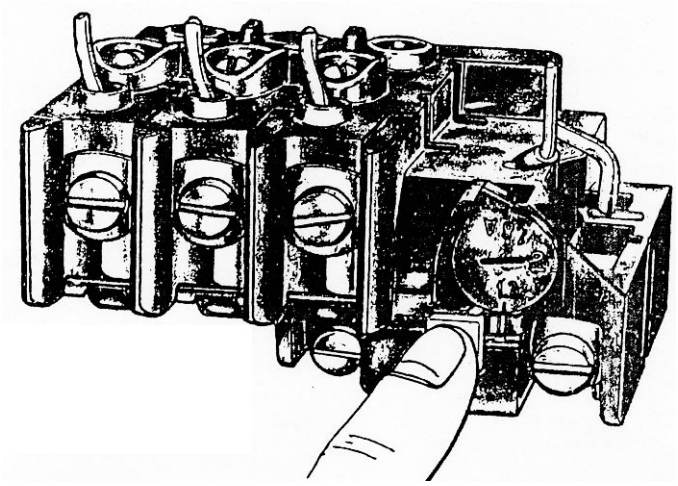
6.1.2.2 – Interruptor

Conforme já foi visto, o relé térmico de sobrecarga é um componente constituído basicamente de duas peças que são os **elementos bimetálicos** e **o interruptor do relé térmico.**



Também já foi observado que, havendo uma sobrecarga no motor elétrico, ocorrerá o encurvamento do elemento bimetálico. Esse elemento atua sobre um pequeno interruptor que irá desarmar o contator, evitando que o motor permaneça trabalhando com sobrecarga.

Na sua maioria, os relés térmicos, quando desarmados por uma sobrecarga, não voltam a se rearmar automaticamente. O seu rearme é feito pressionando-se um botão que vem montado sobre o mesmo. Quando for pressionado, liga-se o interruptor e o circuito é restabelecido.

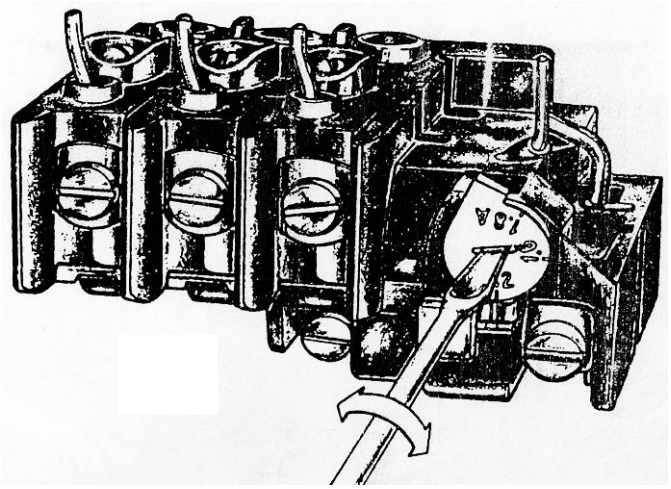


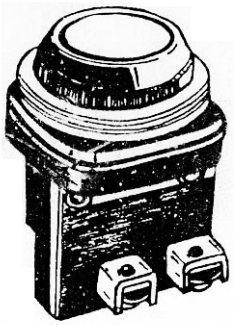
Se após o rearme, o relé térmico voltar a desarmar-se, isto indica que existe anormalidade no circuito que deverá necessariamente ser corrigida. Sem a correção do defeito, o relé (que é elemento de proteção) não permanecerá armado.

Um outro aspecto a ser considerado com relação ao relé térmico de sobrecarga é a sua **escolha** e **regulagem**.

Os relés térmicos permitem uma regulagem, para atuarem dentro de uma determinada faixa de intensidade de corrente. Como a faixa de regulagem é reduzida, existe uma variedade de relés térmicos para propiciarem a proteção dos mais variados motores elétricos. Cada fabricante adota um código para determinar o tamanho e os limites de correntes dos seus relés térmicos.

Uma vez escolhido o relé térmico, deve-se proceder à regulagem do mesmo, para propiciar a proteção ideal. A regulagem do relé térmico é feita girando-se o botão de regulagem até que o valor correspondente à corrente nominal do motor fique voltado para o ponto de referência.





6.2 – Botoeira

6.2.1 – Conceito

Botoeira é o elemento de comando cuja finalidade é ligar ou desligar as chaves magnéticas.

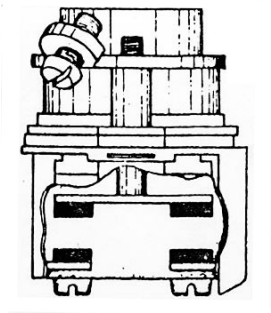
6.2.2 – Constituição

Basicamente, a botoeira é formada pelos blocos de contato e pelo botão para botoeiras.

6.2.2.1 – Blocos de contato

São o componente elétrico da botoeira.

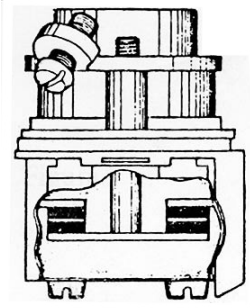
Existem blocos de contato com diversas funções elétricas. Entretanto, para o comando de uma chave magnética de partida direta, é necessário o emprego de apenas dois tipos: blocos de contato do tipo fechador (NA) e blocos de contato do tipo abridor (NF).



- BLOCOS DE CONTATO DO TIPO FECHADOR (NA)

Possuem um jogo de contatos que, quando em repouso, está **aberto**. Por esta razão são conhecidos por blocos de contato "NA", abreviação de **normalmente aberto**.

Quando esse bloco de contato for pressionado através do botão, fecha o contato. Continua ligado, enquanto permanecer pressionado. Por esta razão, é chamado de fechador. Esse bloco de contato é utilizado para ligar a chave magnética.



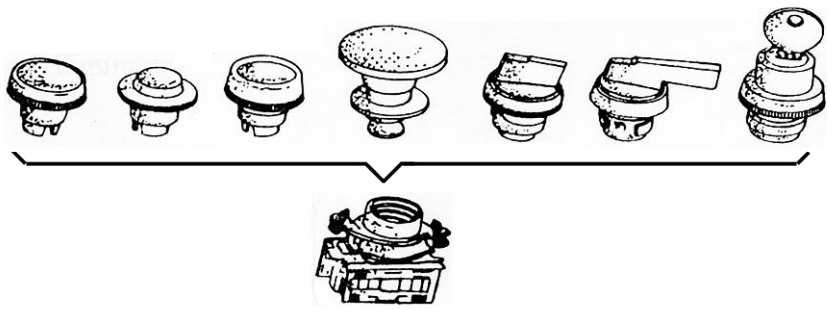
- BLOCOS DE CONTATOS DO TIPO ABRIDOR (NF).

O bloco de contato abridor funciona de maneira inversa ao bloco de contato fechador. Possui um jogo de contatos que, quando em repouso, está **fechado**. Por esta razão, são conhecidos por blocos de contato "NF", abreviação de **normalmente fechado**.

Quando o bloco de contato abridor for pressionado através do botão, o contato abre-se. Continua aberto, enquanto permanecer pressionado. Por esta razão, é chamado de abridor. Esse bloco de contato é utilizado para desligar a chave magnética.

6.2.2.2 – Botão

Os contatos das botoeiras são acionados através de botões. Para atender à enorme faixa de aplicação das botoeiras, são fabricados botões com diversos formatos.

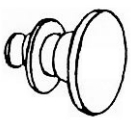


- TIPOS

Os botões mais comumente utilizados são os seguintes:

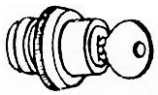
– *BOTÃO NORMAL:* poderá ser utilizado nos comandos elétricos em geral, pois o botão é de longo curso e praticamente inexistente a possibilidade de manobra acidental.

– *BOTÃO SALIENTE:* torna mais rápido o acionamento, porém oferece a possibilidade de manobra acidental.



– *BOTÃO SOCO*: próprio para situações que requeiram desligamento de emergência.

– *COMUTADOR DE POSIÇÕES:* poderá ser com manopla curta ou com manopla longa, dependendo da aplicação. Esses botões mantêm-se na posição "desligado" e na posição "ligado".



– *COMUTADOR COM CHAVE:* indicado para comando de circuitos nos quais a manobra deva ser executada somente pela pessoa responsável.

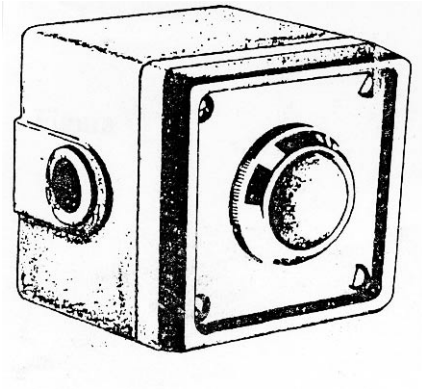
➢ CÓDIGO DE CORES

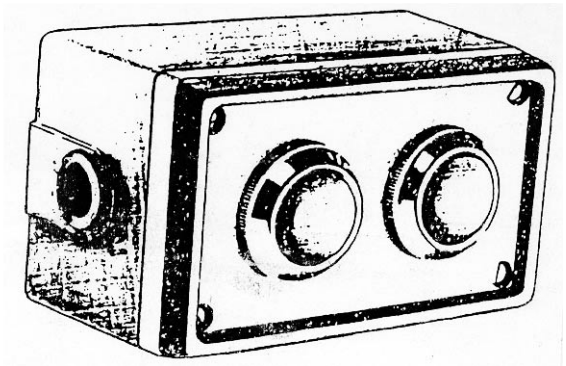
Existe um código de cores para os botões de botoeiras, com a finalidade de identificar as funções de comando. Observe a tabela a seguir.

CÓDIGO DE CORES PARA BOTÕES	
Cor do botão	Função de comando
VERMELHO	- Parar ou desligar - Desligamento de emergência (soco)
VERDE ou PRETO	- Partida ou ligar - Toques (funcionamento por curto espaço de tempo).

6.2.3 – Montagem

As botoeiras podem estar montadas diretamente no painel de comando da máquina ou em caixas apropriadas. Para a instalação da chave magnética de partida direta, as botoeiras, para ligar e desligar, poderão estar montadas em apenas uma caixa ou em caixas separadas.





6.3 – Contator

6.3.1 – Conceito

Contator é um dispositivo de manobra mecânica, acionado magneticamente, que permite comandar grandes intensidades de corrente, através de um circuito auxiliar de baixa intensidade.

Os contatores são muito utilizados no comando de motores trifásicos das máquinas industriais, por apresentarem uma série de vantagens em relação às chaves de acionamento manual. Dentre as muitas vantagens, podemos destacar as seguintes:

– possibilitam o comando à distância;

– possibilitam comandar um motor elétrico de diversos locais diferentes;

– possibilitam montar os mais variados tipos de comandos elétricos solicitados pelos equipamentos em geral;

– possibilitam a montagem de comandos semi-automáticos e automáticos;

– possibilitam o acoplamento de uma série de dispositivos de segurança;

– no caso de faltar energia elétrica, o motor desliga-se e não volta a ligar-se sem a intervenção do operador;

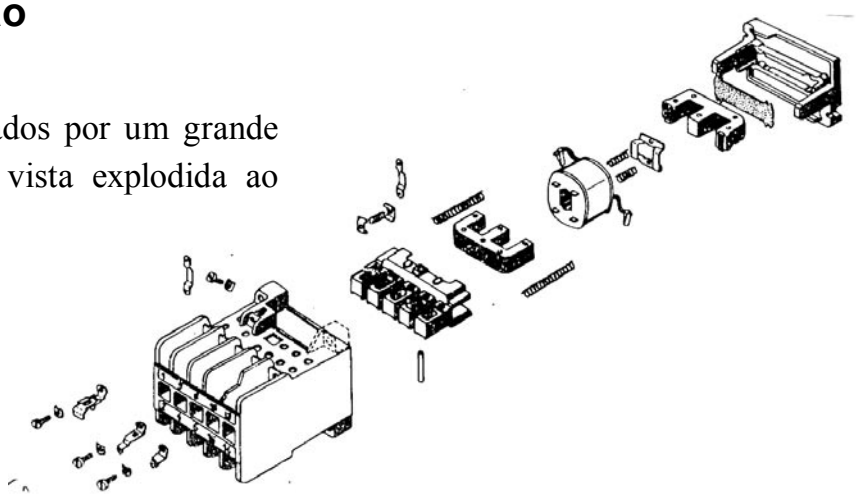
– possuem câmara para extinção do arco elétrico;

– exigem pequenos espaços para montagem;

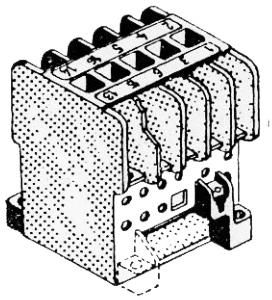
– resistem a elevado número de manobras (de 10 a 30 milhões).

6.3.2 – Constituição

Os contatores são formados por um grande número de peças, conforme vista explodida ao lado.



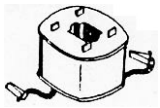
Serão , a seguir, estudadas separadamente as principais, para que detalhes importantes não passem despercebidos.



6.3.2.1 – Carcaça

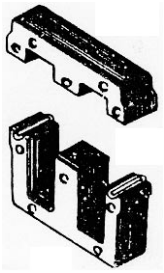
Serve para alojar todos os componentes elétricos e mecânicos do contator.

6.3.2.2 – Bobina



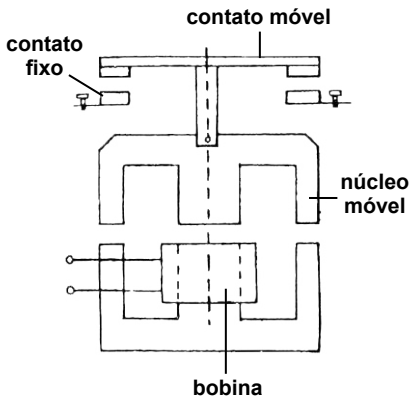
Serve para gerar o campo magnético. Enquanto estiver energizada, estará gerando magnetismo. Quando sua alimentação elétrica for interrompida, desaparecerão os efeitos magnéticos.

6.3.2.3 – Núcleo magnético



É formado pelo núcleo fixo e pelo núcleo móvel. No núcleo fixo estão montados a bobina e o anel de curto-circuito. Esse serve para evitar as vibrações (zumbido magnético) causadas pelo campo magnético gerado pela corrente alternada. Quando o contator estiver em repouso, o núcleo móvel está afastado do núcleo fixo pela ação de uma mola. No momento em que a bobina for energizada, seu campo magnético atrairá o núcleo móvel, para junto do núcleo fixo.

6.3.2.4 – Jogo de contatos



É constituído pelos contatos fixos e pelos contatos móveis. Os contatos fixos estão montados na própria carcaça do contator. Os contatos móveis estão montados no núcleo móvel. Quando o núcleo móvel for atraído, leva consigo os contatos móveis. Com este movimento fecham-se os contatos **normalmente abertos** (NA) e abrem-se os contatos **normalmente fechados** (NF). Os contatos devem ser substituídos quando se apresentarem queimados, desgastados ou com sua superfície irregular.

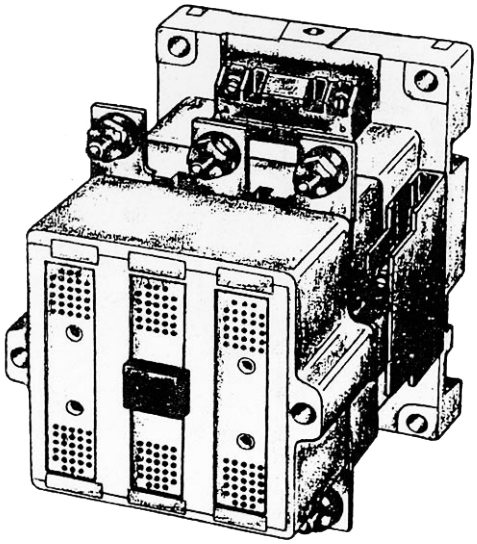
6.3.3 – Modelos

Existe uma enorme variedade de modelos de contatores fornecidos por diversos fabricantes, podendo, na realidade, ser agrupada em dois grandes blocos, dependendo da sua finalidade dentro do circuito. Assim temos: **contatores de potência** e **contatores auxiliares**.

6.3.3.1 – Contatores de potência

Estes contatores são dimensionados mecânica e eletricamente para suportarem a **intensidade de corrente requerida pela carga**, com uma elevada freqüência de operação.

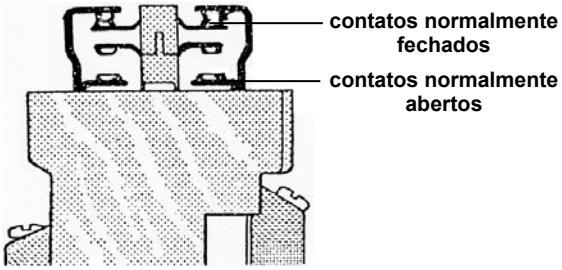
Além dos contatos do circuito de força (que servem para comandar a carga) os contatores de potência ainda possuem contatos para circuito de comando. Os contatos de força são chamados de **contatos principais**; os contatos do circuito de comando são chamados de **contatos auxiliares**.



Quando o contator estiver em repouso, os contatos poderão estar **abertos** ou **fechados**.

Os contatos **abertos** são chamados de fechadores ou "NA", abreviação de **normalmente aberto**.

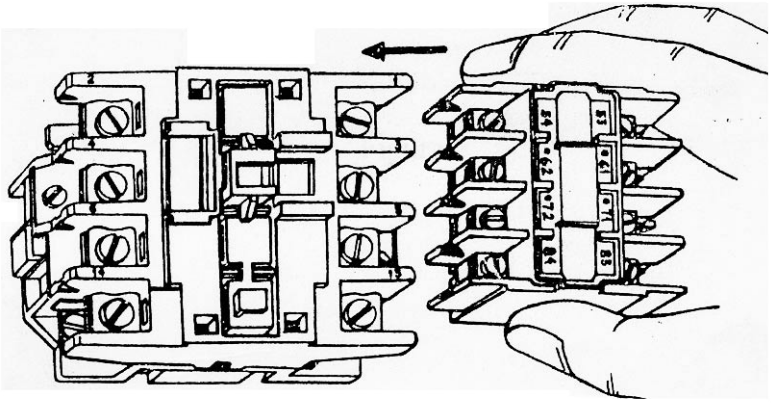
Os contatos **fechados** são chamados de abridores ou "NF",abreviatura de **normalmente fechado**.



Os contatos **principais** são fechadores, pois estão normalmente abertos (NA).

Os contatos **auxiliares** poderão ser abridores ou fechadores, dependendo de estarem normalmente fechados (NF) ou normalmente abertos (NA).

Dependendo do contator de potência (fabricante e modelo), os mesmos poderão ter de 1 a 6 contatos auxiliares ou poderão permitir o acoplamento de blocos auxiliares.



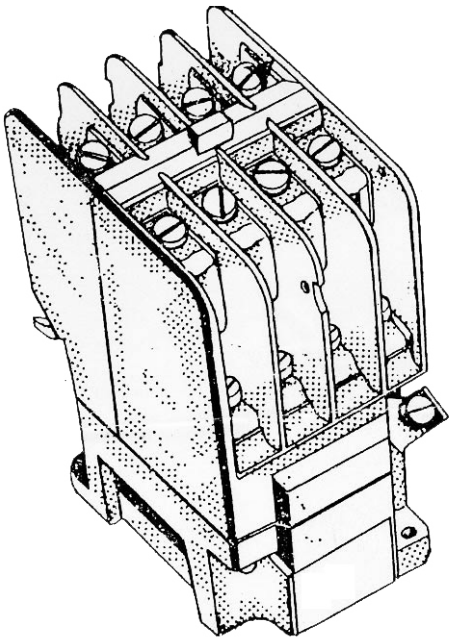
Sabe-se que a corrente passa pela carga (motor) através dos contatos principais dos contatores de potência. Por esta razão, existe uma variedade de tamanhos de contatores de potência, dimensionados para diferentes intensidades de corrente, que atendam às necessidades de comando dos motores elétricos de pequena, média e grande potência.

Na tabela a seguir, aparecem indicados pelas letras (de A a L) os contatores de potência de um fabricante e suas principais características elétricas.

		TAMANHOS											
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
CORRENTE MÁXIMA DO MOTOR (A)		9	12	16	22	32	40	75	120	180	250	400	630
POTÊNCIA MÁXIMA DE MOTORES TRIFÁSICOS (CV)	220V	3	4	5	7,5	10	15	30	50	75	100	150	250
	380V	5	7,5	10	15	20	25	50	75	125	180	250	400
	440V	5	7,5	10	15	20	30	60	100	150	200	300	500
CAPACIDADE DO FUSÍVEL DIAZED OU NH (A)		16	25	25	36	50	63	160	224	250	300	500	630
QUANTIDADE DE CONTATOS AUXILIARES	(NA)	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	4
	(NF)	–	–	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2

6.3.3.2 – Contatores auxiliares

São utilizados no circuito de comando das chaves magnéticas, sempre que for necessário o emprego de um número de contatos auxiliares superior aos existentes no contator de potência.



Exemplo: Para a montagem de uma determinada chave magnética para o comando de um motor trifásico de 5cv – 220V, o contator recomendado (tabela anterior) é o de tamanho ¨c¨. Esse contator possui apenas um contato auxiliar NA e um contato auxiliar NF. Se o circuito de comando exigir mais contatos auxiliares, a solução é utilizar um contator auxiliar junto com o contator de potência.

Os contatores auxiliares são bastante semelhantes aos contatores de potência, porém diferenciam-se principalmente porque:

– todos os contatos são para a mesma intensidade de corrente (somente contatos auxiliares);

– o seu tamanho varia em função do número de contatos (4, 8, 10 contatos);

– não necessitam de relés de proteção;

– não são providos de câmara de extinção de arco elétrico;

– a corrente de carga do circuito de força não passa através dos mesmos.

07 Botões de Comando Elétrico

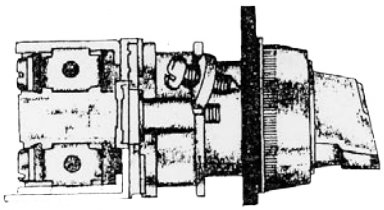
7 – Botões de comando elétrico

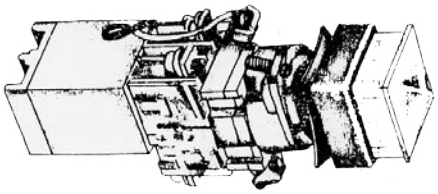
7.1 – Conceito

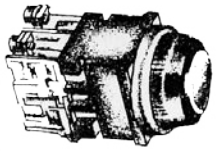
São dispositivos destinados a comandar, no local ou à distância e de forma indireta, os equipamentos de manobra e/ou de operação através de um acionamento de curta duração.

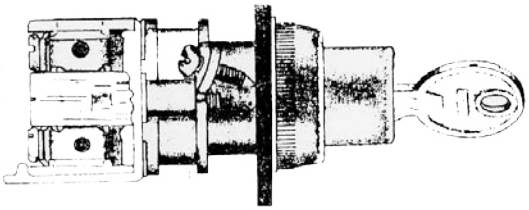
A função desse dispositivo é a de comandar e automatizar circuitos indutivos e resistivos. Através do acionamento dos botões de comando elétrico torna-se possível a interrupção momentânea e a ligação normal dos circuitos, bem como as interrupções de emergência e operações de segurança nos comandos.

As figuras abaixo mostram alguns dos vários tipos de botões de comando elétrico.







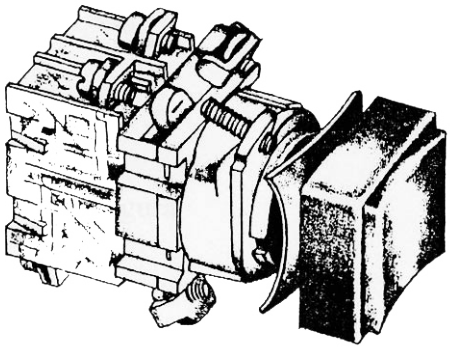


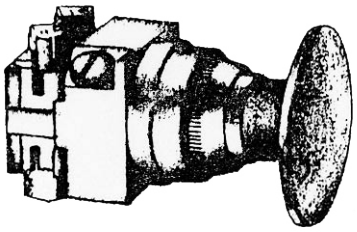
7.2 – Classificação

Os botões serão classificados aqui, de acordo com o sistema de acionamento. Assim, temos os seguintes tipos de botões de comando elétrico: **botões de comando de impulsão (pressão) e botões de comando de comutação**.

7.2.1 – Botões de comando de impulsão (pressão)

Os botões de comando de impulsão são aqueles nos quais o acionamento é obtido através de pressão do(s) dedo(s) do operador no cabeçote de comando dos botões.



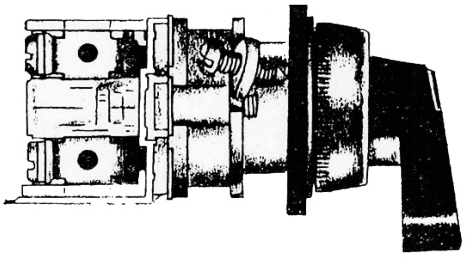


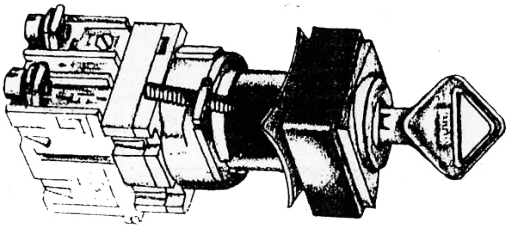
A impulsão pode ser livre, sem retenção (quando o operador cessar a força externa, o botão retorna à posição desligada, isto é, de repouso).

A impulsão pode ser com retenção – quando pressionado, o botão se mantém na posição em que foi acionado, até novo acionamento.

7.2.2 – Botões de comando de comutação

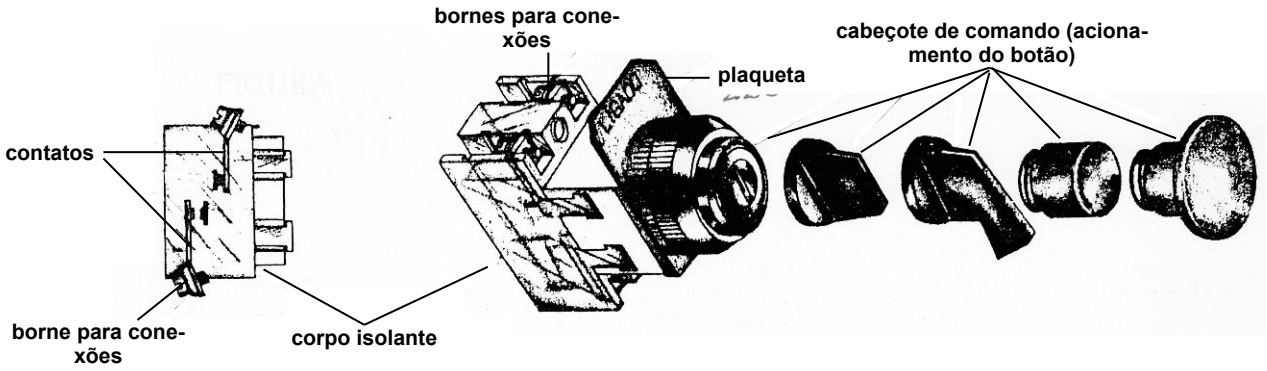
Os botões de comando de comutação são aqueles nos quais o acionamento é obtido através do giro de alavancas, knobs ou chaves tipo **Yale**.





Existe uma variedade muito grande de botões de comando elétrico. Cada fabricante adota detalhes de acabamento próprio. O princípio de construção e as características técnicas, porém, são padronizadas.

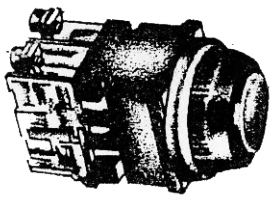
7.3 – Elementos básicos



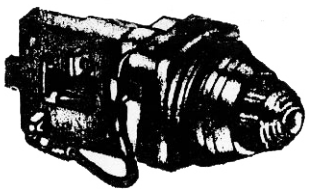
7.3.1 – Cabeçote de comando

É o elemento de acionamento do botão de comando elétrico. Existe no mercado uma variedade muito grande de modelos.

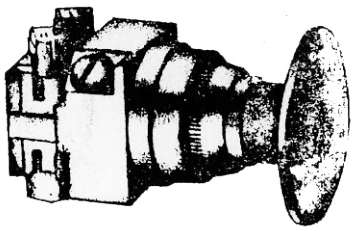
Os tipos de cabeçotes de comando mais comuns para os botões de impulsão são :



NORMAL

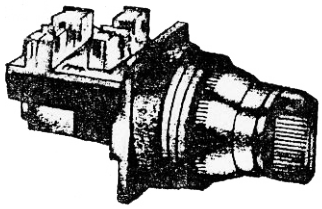


TIPO LUMINOSO

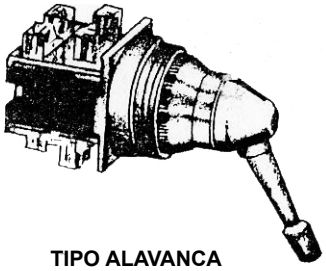


TIPO COGUMELO

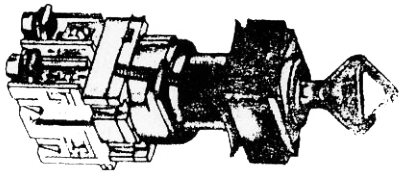
Os tipos de cabeçotes de comando mais comuns para os botões de comutação são:



TIPO KNOB



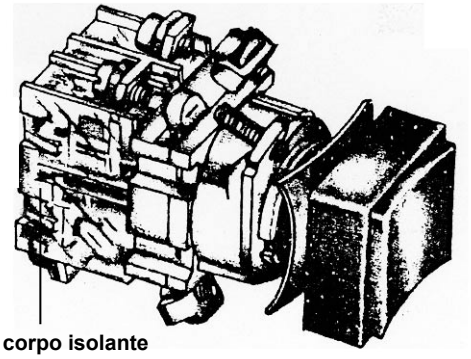
TIPO ALAVANCA

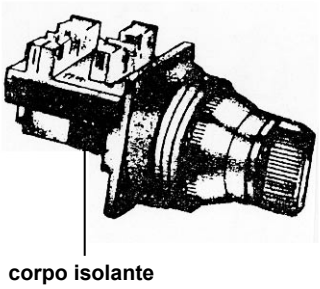


TIPO CHAVE YALE

7.3.2 – Corpo isolante

Serve para envolver os contatos e sustentar os bornes para conexões. É feito de material isolante e de boa resistência mecânica. Não absorve umidade.

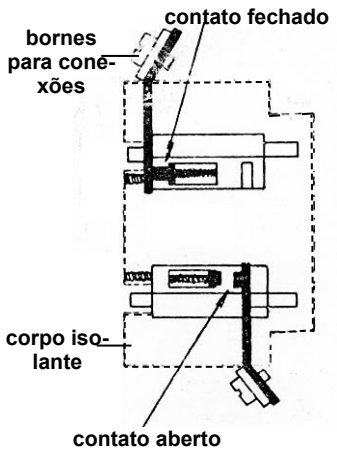




7.3.3 – Contatos

São elementos responsáveis pela continuidade da passagem de corrente elétrica no circuito – conforme já estudado em relação às chaves de comando manual.

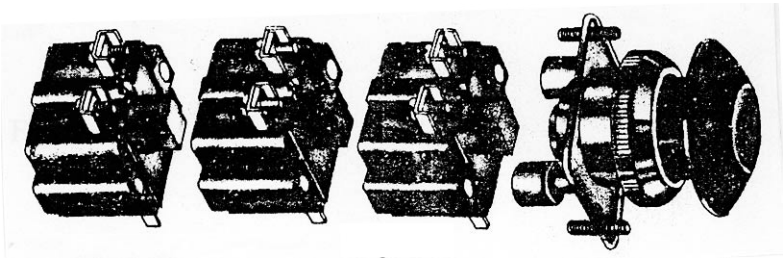
Os contatos são em forma de pastilhas feitas em liga de prata, elemento que assegura baixa resistência de contato.



São montados em uma ponte móvel condutora e guiados por uma das molas independentes que permitem uma perfeita justaposição das pastilhas. O fechamento dos contatos móveis aos fixos é obtido através de um movimento por impulso ou comutação do cabeçote.

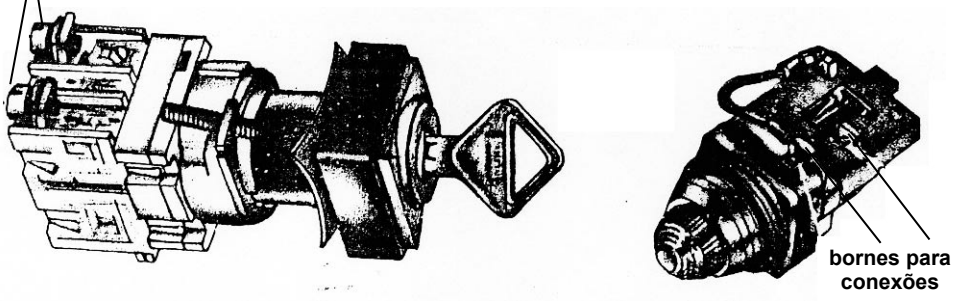
Os contatos são sustentados pelo corpo isolante. Este conjunto é denominado de **bloco de contatos**. Cada bloco de contatos possui um contato normalmente aberto – NA – **fechador** – e um contato normalmente fechado – NF – **abridor**.

Pelo princípio da construção modular, há possibilidade de adaptar até um máximo de quatro blocos de contato por cada botão de comando elétrico, ampliando, assim, a aplicação desse dispositivo de comando. Esse princípio é denominado de blocos de contatos intercambiáveis.



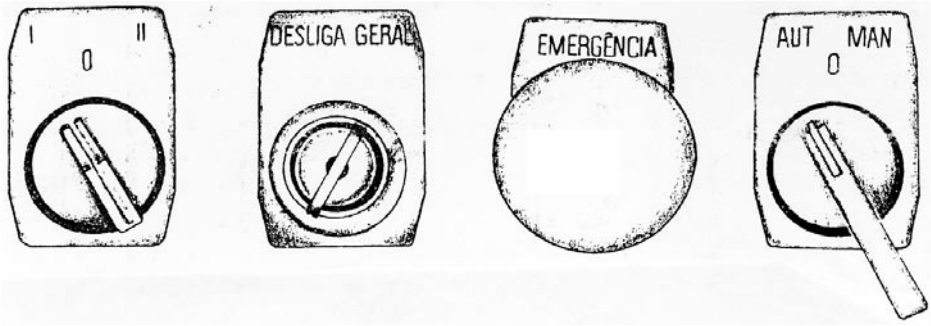
7.3.4 – Bornes para conexões

São elementos que estabelecem a ligação dos condutores aos contatos fixos.



7.3.5 – Plaqueta

É uma etiqueta metálica com as indicações de manobras, posicionada na frente dos botões de comando elétrico.

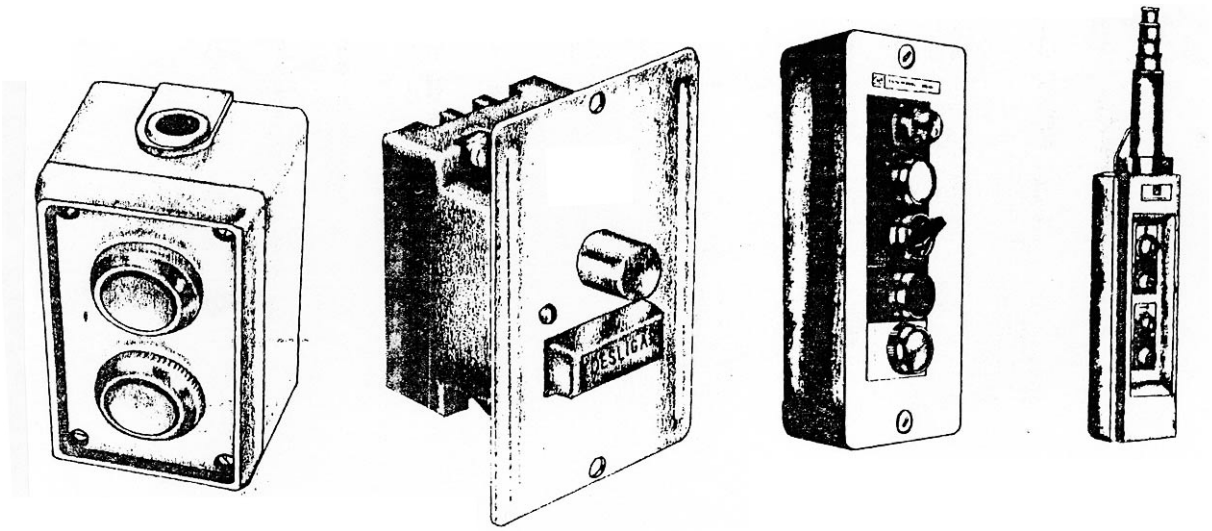


7.4 – Botoeiras

A um conjunto formado por dois ou mais botões de comando elétrico, chamamos de **botoeira**.

As botoeiras são empregadas nos circuitos industriais típicos de serviços pesados, como, por exemplo, em máquinas que possuam dois ou mais motores elétricos. O comando desses motores é feito separadamente, através de botões distintos, localizados em um mesmo invólucro.

As botoeiras mais empregadas industrialmente são:



botoeira de sobrepor | botoeira de embutir | botoeira com sinalização | botoeira suspensa

As botoeiras suspensas são empregadas em equipamentos de levantamento de cargas, como, por exemplo, pontes rolantes, entre outros. Possuem contatos de ruptura brusca e blocos de contatos para reversão de motores com duas velocidades.

7.5 – Identificação

7.5.1 – Código de cores

Os botões de comando elétrico são fabricados segundo um código internacional de cores, o que facilita a identificação do regime de funcionamento das máquinas que são comandadas pelos mesmos.

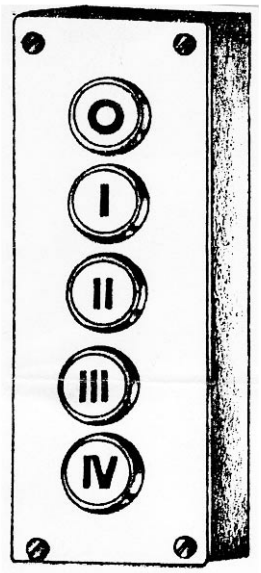
Encontramos botões de comando elétrico nas seguintes cores:

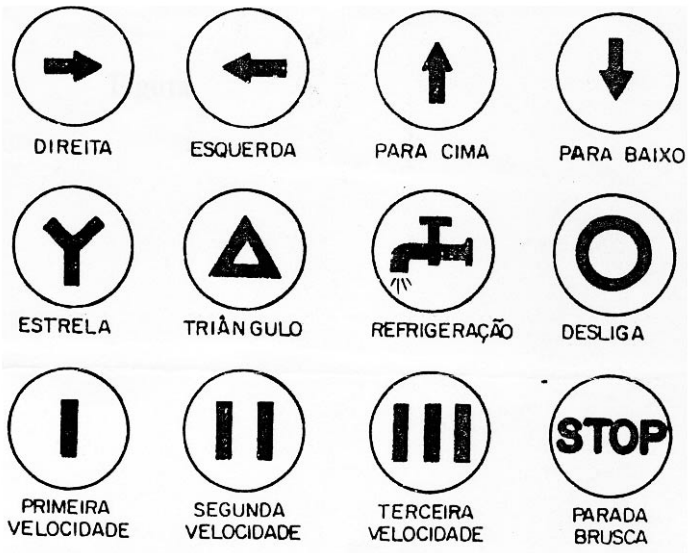
COR PADRONIZADA	REGIME DE FUNCIONAMENTO
BRANCO – BC	- Informação geral - Parada normal
VERMELHO – VM	- Parada de emergência - Perigo
VERDE – VD	- Acionamento - Início do ciclo de operação de uma máquina - Segurança - Sem perigo
AMARELO – AM	- Atenção - Cuidado
AZUL – AZ	- Informações especiais
PRETO – PT	- Parada normal

Tal código, quando devidamente utilizado, evita que as seqüências de operações das máquinas sejam alteradas.

7.5.2 – Símbolos

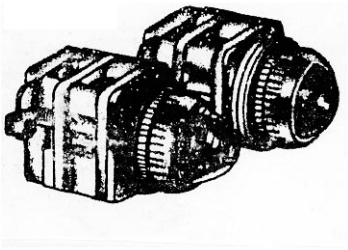
Além da identificação por cores, há também a indicação de símbolos no cabeçote de comando dos botões de comando elétrico por impulsão (pressores) ou botoeiras.

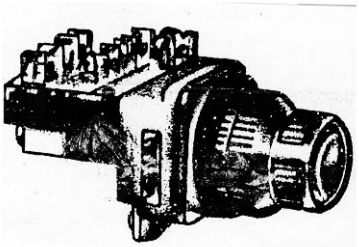




7.5.3 – Botões luminosos

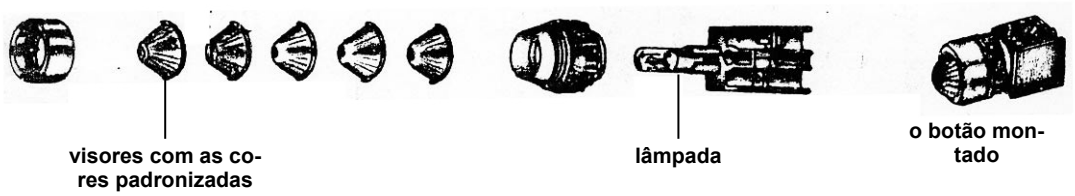
Existem também botões de comando elétrico luminosos ou iluminados, com a finalidade de executar, simultaneamente, o comando e a sinalização dos circuitos.





Os botões de comando elétrico luminosos possuem uma lâmpada incandescente ou néon, que funciona com a tensão nominal da rede de alimentação. Em alguns botões, a tensão para a lâmpada é reduzida através de transformadores ou resistores incorporados ao mesmo.

Os botões luminosos também são identificados com as cores padronizadas.



O visor colorido dos botões de comando luminosos é intercambiável.

7.6 – Acionamento dos botões de comando elétrico

A posição do cabeçote de comando dos botões de comutação com retenção indica se o circuito está ligado ou desligado.

botão comutador ligado

botão comutador desligado

Para os botões de comando por impulsão (pressores), a condição de funcionamento do circuito é verificada através de sinalizadores ou do funcionamento do motor da máquina.

7.6.1 – Formas de acionamento dos botões de comando elétrico

– Se for de cabeçote de comando por comutação, o acionamento é semelhante ao das chaves de comando manual, já estudadas.

– Se for de cabeçote de comando por impulsão com retenção, o acionamento se fará do seguinte modo:

• pressionar o cabeçote de comando para a posição LIGA, efetuando assim a alimentação do circuito para o motor da máquina.

• para efetuar a interrupção do circuito, basta pressionar o botão para destravá-lo da posição ligada, com retenção.

– Se for de cabeçote de comando por impulsão sem retenção, o acionamento obedecerá ao seguinte:

• pressionar o cabeçote de comando para ligar o motor da máquina.

• para a interrupção, pressionar outro botão, destinado especificamente ao desligamento.

– Se for de cabeçote de comando por impulsão com retenção e sinalizador:

• pressionar o cabeçote de comando para a posição LIGA, caso em que a lâmpada do sinalizador acenderá, indicando a continuidade do circuito para o motor da máquina.

• para efetuar a interrupção do circuito, basta pressionar o cabeçote de comando da retenção e o sinalizador acusará o desligamento do motor da máquina, através do desligamento da lâmpada do sinalizador.

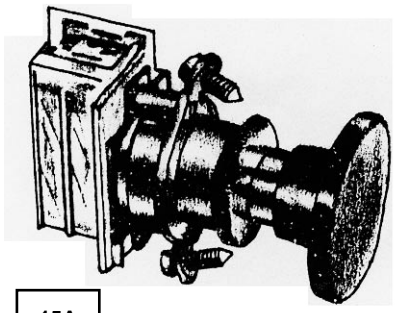
nota

Nos circuitos de comandos elétricos por botões, a ligação dos motores é feita através do fechamento de contatos de uma chave magnética denominada **contator**.

Desta forma, os botões de comando elétrico são dispositivos de acionamento indireto do motor.

7.7 – Características elétricas relativas à corrente nominal e tensão nominal

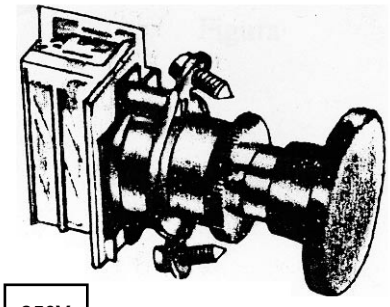
Tais características vêm gravadas no corpo isolante ou no bloco de contatos dos botões de comando elétrico.



15A

7.7.1 – Corrente nominal

Os botões de comando elétricos são fabricados para valores de corrente nominal relativamente pequenos. Encontramos, no mercado, botões de 0,1A a 25A para valores de corrente nominal; de 1A a 80A para valores de corrente de ruptura – corrente máxima de interrupção sob condições anormais do circuito.



250V

7.7.2 – Tensão nominal

Existem no mercado, botões de comando elétrico próprios para a ligação dos circuitos de comando de 24V,48V, 110V, 220V, 380V, 500V e 550V como valores de tensão nominal.

Os botões de comando elétrico apresentam uma outra característica elétrica, que é a tensão de teste. Essa tensão corresponde à resistência do isolamento do botão por um tempo reduzido. A tensão de teste é cinco vezes maior que a tensão nominal.

atenção

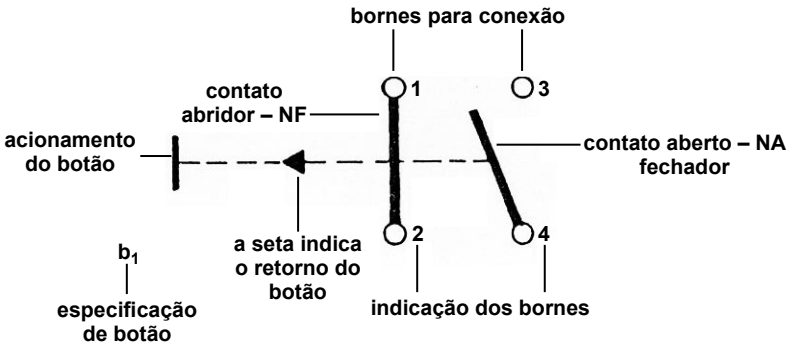
Se um botão de comando tem 110V de tensão nominal, a tensão de teste será de 550V.

7.8 – Representação dos botões de comando elétrico nos esquemas elétricos

Existe uma simbologia variada para os botões, dependendo dos fabricantes. Essa variedade porém, se resume em pequenos detalhes que não prejudicam sua interpretação.

Usaremos aqui a simbologia adotada pela ABNT. Também ficarão esclarecidos outros detalhes que poderão ser encontrados nos projetos de máquinas, equipamentos e catálogos de fabricantes de botões de comando elétrico.

Veja, ao lado, o símbolo básico para a representação dos elementos que compõem os botões de comando elétrico.

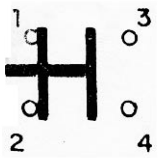


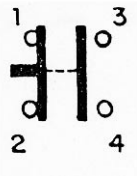
Os botões de comando elétrico são especificados pela letra b minúscula e um índice numeral que especifica o número de botões existentes nos circuitos de comando elétrico.

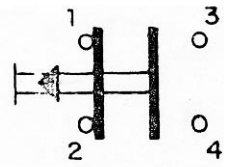
nota

Quando o botão é DESLIGA a especificação é b_0 (b índice zero).

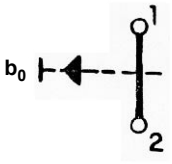
Abaixo, exemplos da simbologia adotada pelos fabricantes, que é semelhante à adotada pela ABNT.



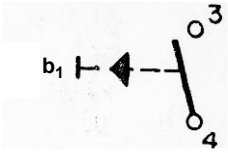




O símbolo dos botões é também representado com os contatos separadamente.



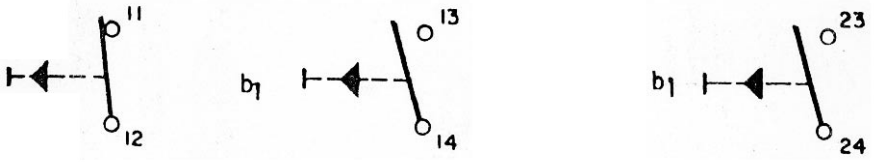
contato normalmente fechado – NF abridor



contato normalmente aberto – NA fechador

Há esquemas com identificação dos bornes com os números 11-12, 21-22 ou 31-32 para os contatos NF e, 13-14, 23-24 ou 33-34 para os contatos NA.

Desta forma, temos a representação de um botão – b_1 com um contato normalmente fechado (abridor) e dois contatos normalmente abertos (fechadores).



Os botões de comando elétrico são representados apenas nos diagramas de comandos elétricos, como já se estudou anteriormente.

Esses diagramas nos possibilitam a representação das diversas características de ligação, proteção e sinalização do comando elétrico de máquinas, equipamentos, etc.

➢ Diagramas de comando elétrico com uma chave disjuntora comandando um motor trifásico com acionamento LIGAR/DESLIGAR na máquina e DESLIGAR à distância da mesma, pelo acionamento de um botão de comando elétrico.

exemplo

Ex.1 – O diagrama de comando nos mostra que, para colocar a chave disjuntora em condições de manobra, o operador aciona o botão b_1 alimentando a bobina de mínima tensão; para ligar o motor da máquina, ele deverá atuar no acionamento da chave disjuntora.

Para desligar o motor sem usar a chave disjuntora, basta retornar o botão b_1 para a posição de repouso.

diagrama de comando elétrico

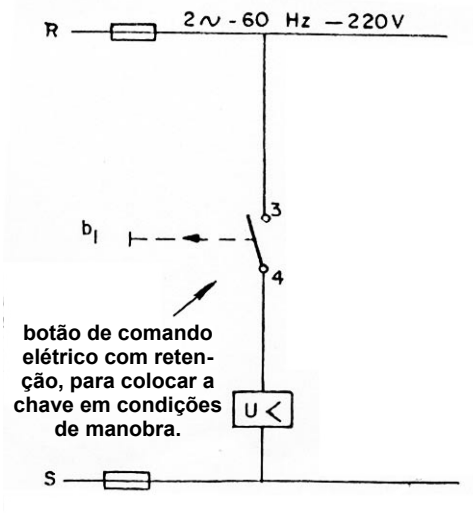


diagrama de carga principal

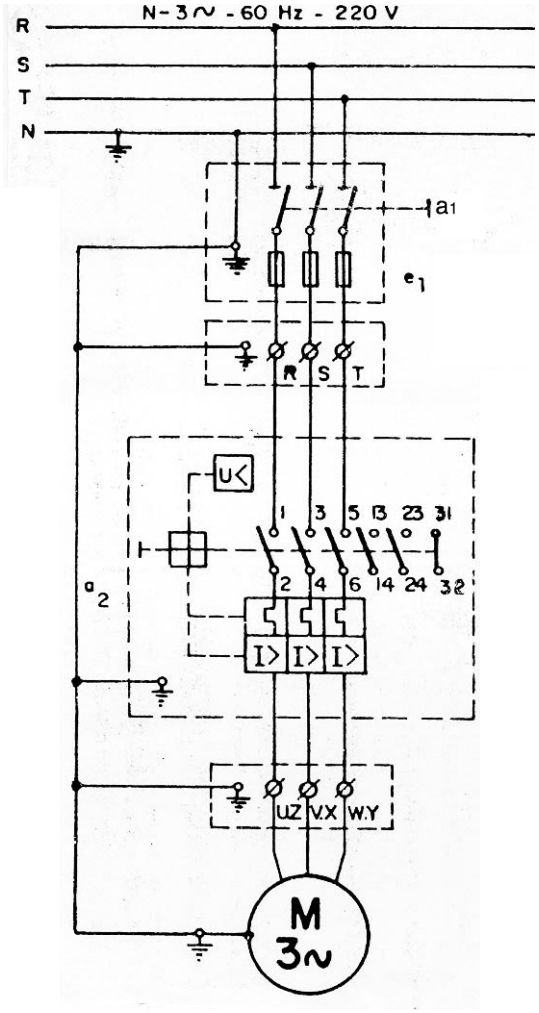
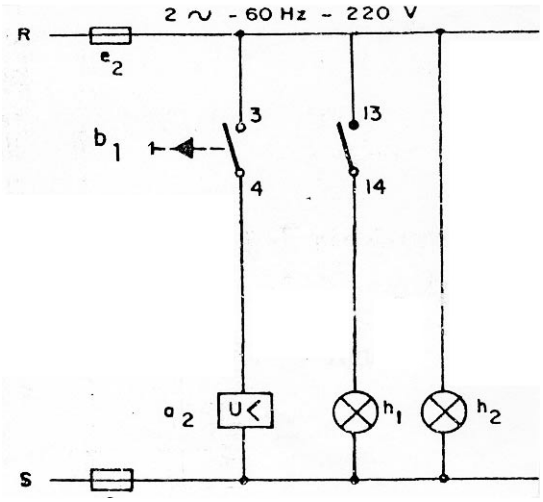


diagrama de comando



Ex.2 – O diagrama de comando nos mostra que, para efetuar a ligação do motor da máquina, o operador liga o botão b_1, alimentando a bobina de mínima tensão e aciona o manípulo da chave disjuntora.

Para desligar o motor, sem usar a chave disjuntora, basta retornar o botão b_1 à posição de repouso.

O diagrama de comando também nos mostra que existe uma lâmpada sinalizadora, ligada entre as duas fases do comando elétrico e outra sinalizadora, que liga ao fecharmos o contato auxiliar (NA) da chave disjuntora.

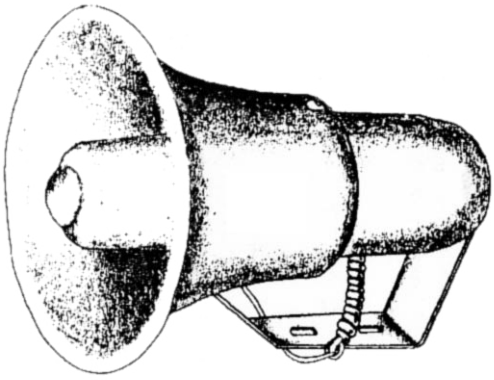
Dessa forma, temos um circuito de comando sinalizado.

7.9 – Sinalização

A sinalização é a forma visual ou sonora de se chamar atenção para uma situação em um circuito de comando, em uma máquina ou em um conjunto de máquinas.

7.9.1 – Sinalização sonora

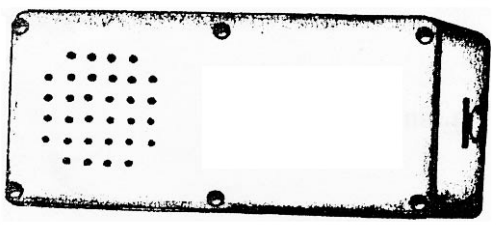
É composta por elementos sonoros como campainhas, buzinas, cigarras, etc.



As buzinas são usadas para indicar o início de funcionamento de uma máquina para que ela permaneça à disposição do operador, quando necessário.

A sinalização sonora é usada em máquinas e dispositivos que se movimentam – para chamar atenção – como por exemplo, em pontes rolantes.

Existem vários tipos de buzinas. A mais usada é representada ao lado.



As campainhas são usadas para indicar anomalias em máquinas ou equipamentos. Por exemplo, se um motor com sobrecarga não puder parar de imediato, o alarme chamará a atenção do operador para as providências necessárias. A campainha poderá indicar, também, parada anormal de um motor.

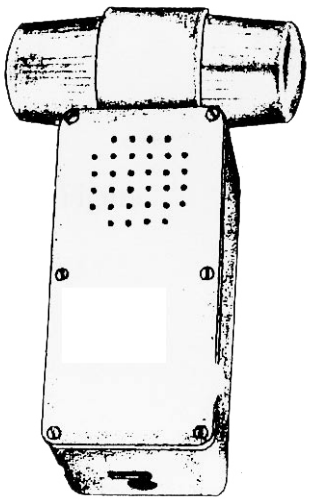
O tipo de campainha mais comum é o da figura ao lado.

7.9.2 – Sinalização visual

A sinalização visual ou sinalização luminosa tem grande aplicação nas indústrias.

É muito utilizada nas sinalizações de painéis de comandos elétricos, entre outras.

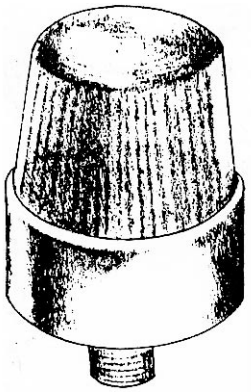
Esta sinalização além de ser luminosa – iluminada – utiliza as mesmas cores convencionais dos botões de comando elétrico.

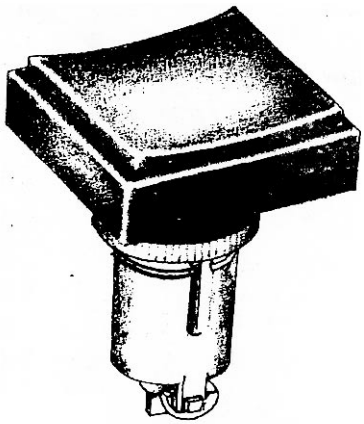


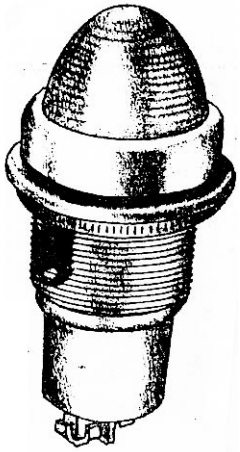
campainha com sinalização visual

Existem vários tipos de sinalizadores luminosos, inclusive no próprio botão de comando, como já estudado.

Os sinalizadores luminosos mais comuns são os seguintes:





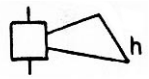


nota

Os sinalizadores também são especificados pelas mesmas características elétricas dos botões de comando elétrico.

7.9.3 – Simbologia

Nos diagramas de comando elétrico os sinalizadores sonoros e visuais são representados por símbolos que, segundo as normas técnicas adotadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, são os seguintes:

dispositivo de sinalização	símbolo
buzina	
campainha	
sirene	
cigarra	
lâmpada sinalizadora	

Os sinalizadores ou sinaleiros são especificados pela letra h minúscula e um índice numérico.

aplicação

Observe com bastante atenção o diagrama de comando elétrico e o diagrama de carga com chave disjuntora, botões de comando elétrico e sinaleiros. A seguir, veja como interpretá-los.

DIAGRAMA DE COMANDO ELÉTRICO

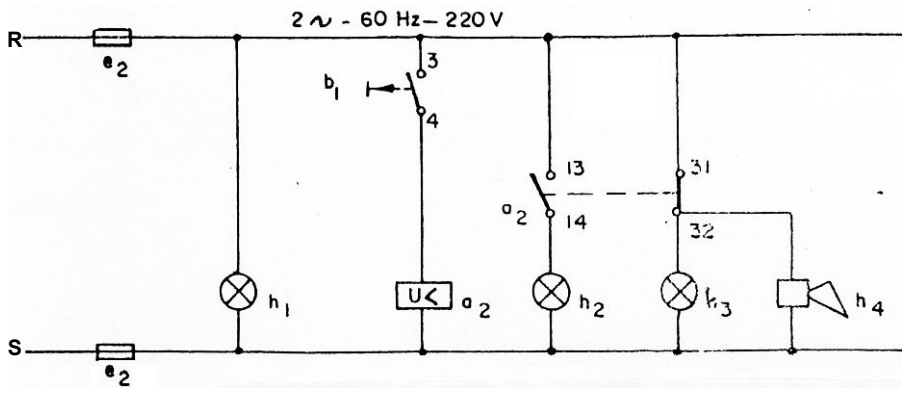
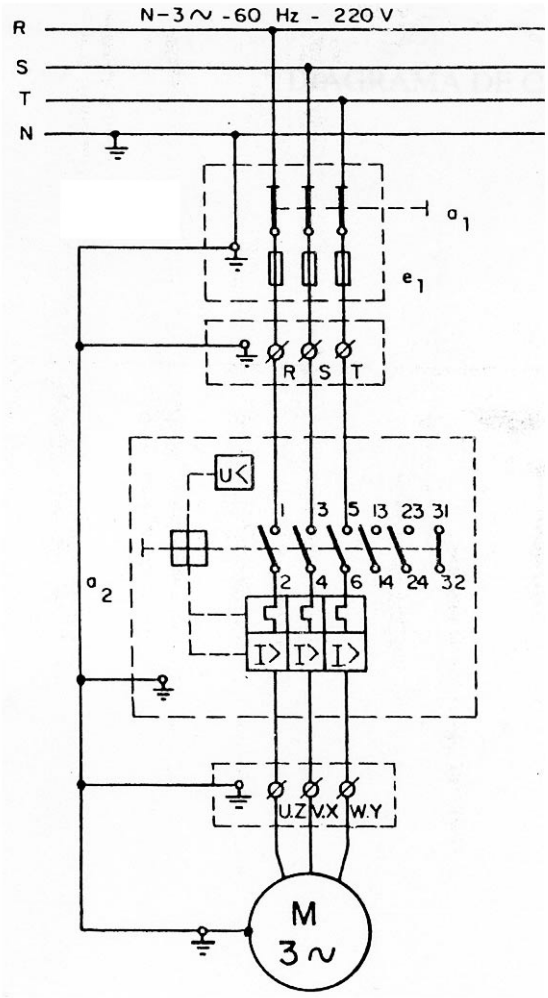


DIAGRAMA DE CARGA



Os diagramas de comando e de carga representados são de uma máquina cujo funcionamento é permanente, como acontece em indústrias metalúrgicas, siderúrgicas e outras, que funcionam 24 horas/dia. Nestes casos, quando acontece a máquina parar de funcionar, entra em funcionamento um sistema de alarme visual e/ou sonoro.

Nos casos de manutenção, a chave seccionadora – (ver Cap. 2) – desliga todo o circuito de comando, acionamento e sinalização das máquinas.

Observe como estão ligados os dispositivos de acionamento e sinalização nos diagramas desta APLICAÇÃO.

– A lâmpada sinalizadora h_1 serve para indicar que o circuito está energizado quando a chave seccionadora a_1 é ligada.

– O botão b_1 é um botão comutador que serve tanto para colocar a chave disjuntora a_2 em condições de manobra, quanto para desligá-la à distância.

– A chave disjuntora a_2, quando ligada, fecha os contatos principais 1-2, 3-4 e 5-6, (que alimentam o motor da máquina) e o contato auxiliar NA 13-14 (que energiza a lâmpada sinalizadora h_2).

Interpretando-se o acionamento, podemos concluir o seguinte:

– acionando–se a chave seccionadora a_1, a lâmpada h_1 acende-se, indicando que o comando está energizado.

– a chave disjuntora estando desligada, a máquina não funciona. Neste caso, a lâmpada h_3 e a buzina h_4 darão o sinal, por estarem ligadas ao contato NF 31-32.

– acionando-se o botão b_1, seu contato NA 3-4 se fechará, energizando a bobina a_2, colocando a chave disjuntora em condições de manobra.

– acionando-se a chave disjuntora, a máquina funcionará, pois os três contatos principais energizarão motor, e o contato auxiliar NA 13-14 energizará a lâmpada h_2. Abre-se ao mesmo tempo o contato NF 31-32, para os sinaleiros de emergência h_3 e h_4.

– O botão b_1 (com seu contato NA 3-4 retornado à posição de repouso) desenergiza a bobina a_2, desligando a chave disjuntora. Esta desligará a máquina e ligará os sinaleiros de emergência – lâmpada h_3 e buzina h_4.

Através desse diagrama, pode-se concluir que toda vez que se desligar o acionamento da máquina, a lâmpada de emergência acenderá e soará a buzina de emergência.

Nos casos de anomalias com sobrecarga, curto-circuito e subtensão teremos:

• Sobrecarga

O relé térmico bimetálico de sobrecarga da chave disjuntora atuará, desligando o circuito de comando do motor da máquina; a sinalização de emergência funcionará.

• Curto-circuito

O relé eletromagnético de curto-circuito da chave disjuntora atuará, desligando o circuito de comando do motor da máquina; a sinalização de emergência funcionará.

• Subtensão

O relé de subtensão ou bobina de mínima tensão da chave disjuntora atuará, desligando o circuito de comando do motor da máquina; a sinalização de emergência funcionará.

08

Transformador (ou Trafo)

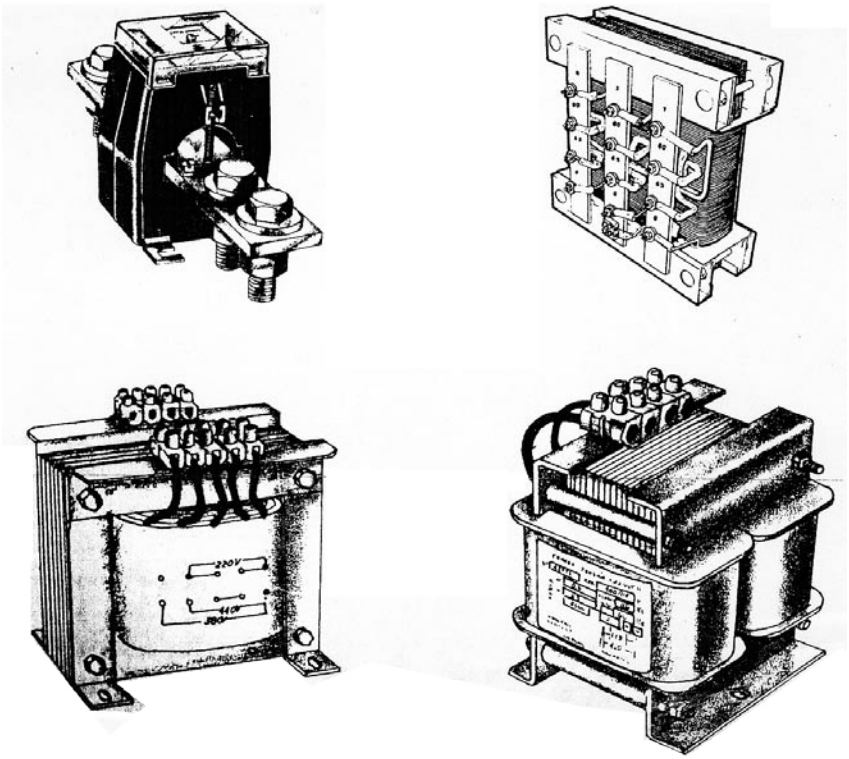
8 – Transformador (trafo)

8.1 – Conceito geral

Transformador (abreviadamente, trafo) é um dispositivo estático sem partes móveis, no qual, por meio do fenômeno da indução eletromagnética, ocorre transferência de energia elétrica de um ou mais circuitos primários para outros circuitos secundários, mantendo a mesma freqüência, porém com tensões e intensidades de corrente diferentes.

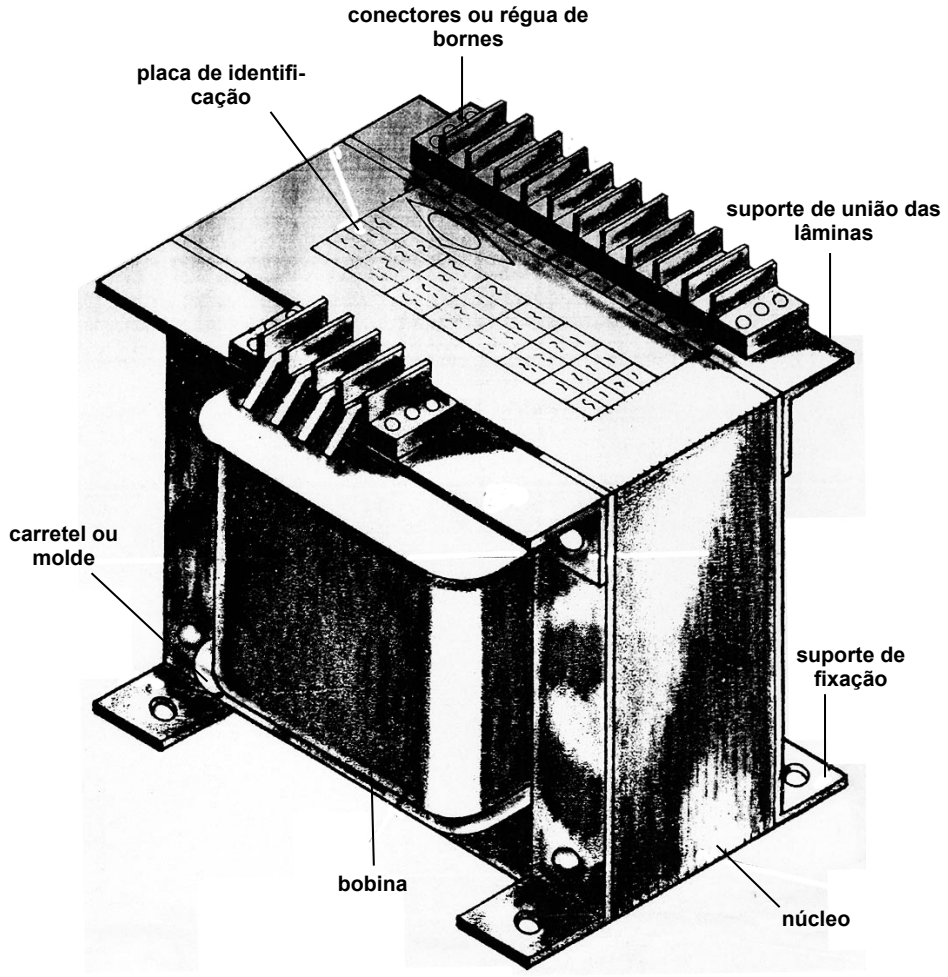
Os transformadores são fabricados para serem usados em circuitos monofásicos, bifásicos e trifásicos e podemos classificá-los em transformadores abaixadores e elevadores. Os abaixadores transformam tensões de um determinado valor para outros mais baixos e os elevadores fazem o inverso, ou seja, recebem tensões de um determinado valor e elevam, tornando-as mais altas.

Trataremos, neste livro, somente de transformadores de baixa tensão, ou seja, até 600V.

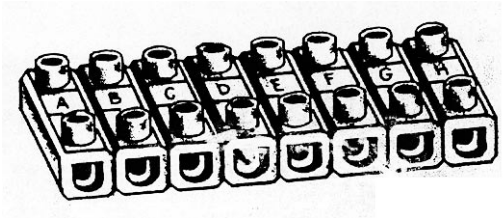


8.2 – Constituição

De modo geral, os transformadores compõem-se dos seguintes elementos básicos:



Vejamos as características de cada um desses elementos.

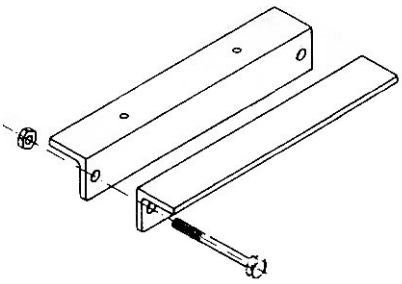


8.2.1 – Conectores ou régua de bornes

Ver Cap. 4 – 4.2.2 – Bornes para conexões

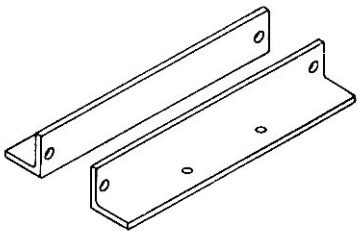
8.2.2 – Suporte de união das lâminas

São cantoneiras de chapa em perfil L, proporcionais ao tamanho das lâminas. Têm a finalidade de unir e manter unidas as lâminas do núcleo, diminuindo deste modo as vibrações, que provocam um som característico(zumbido).



8.2.3 – Suporte de fixação

Feito em cantoneira de chapa em perfil L, serve para fixar o transformador no local onde ele vai funcionar.

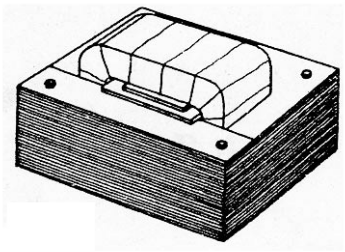


nota

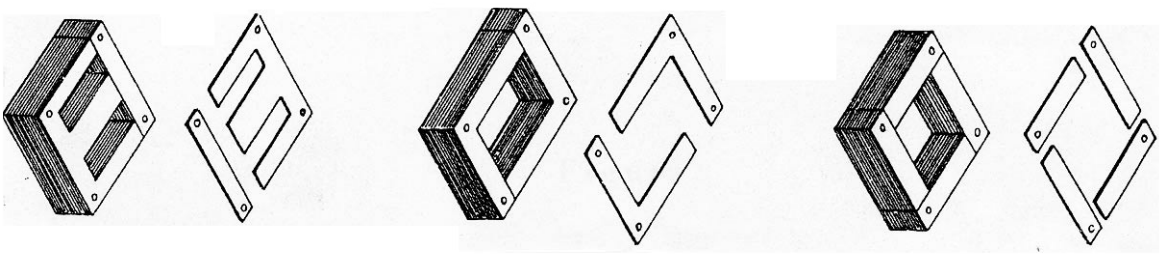
Há transformadores que, pelas suas características construtivas, não apresentam suporte angular e suporte de fixação.

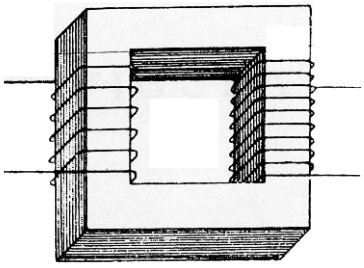
8.2.4 – Núcleo

O núcleo constitui o circuito magnético do transformador. É formado por laminados, construídos em chapas metálicas de aço silício, que possuem a propriedade de perder o magnetismo, logo após o desligamento da bobina e se magnetizar, imediatamente, após o ligamento da mesma.

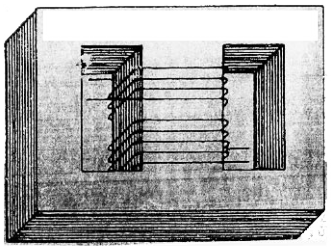


A espessura das lâminas varia de acordo com o tamanho e tipo do núcleo que será tanto melhor, quanto mais finas forem essas lâminas.





As lâminas , em alguns casos, são isoladas de um só lado e, em outros, nos dois lados. Podem ser montadas e desmontadas facilmente, pois são unidas por parafusos, o que torna mais fácil a retirada das bobinas.



Os núcleos são encontrados mais comumente em duas formas: núcleo de coluna ou anel e núcleo encouraçado. São laminados e isolados para evitar as perdas por histerese e pelas correntes parasitas denominadas de "perdas no ferro".

8.2.5 – Bobina

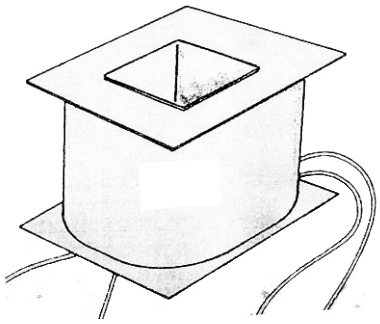
É o componente elétrico do transformador, formado por fio magnético de cobre ou alumínio, enrolado em forma circular, quadrada ou retangular. Sua finalidade é produzir um campo magnético, quando percorrida por uma corrente elétrica.

O isolamento dos fios pode ser de esmalte, seda ou algodão, sendo o esmalte o tipo mais usado. O tipo de isolamento nos condutores é que determina a rigidez dielétrica e a temperatura de trabalho das bobinas.

A bobina é impregnada de verniz, existindo dois tipos de verniz comumente usados com relação à secagem: um, de secagem ao ar e outro, de secagem em estufa. As bobinas, quando impregnadas de verniz de secagem ao ar, levam 18 horas para secarem; quando impregnadas de verniz para secagem em estufa, levam de 1 a 6 horas, a 120ºC. Para pequenas bobinas é mais econômica a secagem ao ar. A impregnação é necessária, devido ao fato de que o verniz melhora o isolamento da bobina e, quando seca, endurece, aumentando a rigidez dielétrica e a resistência à ação da umidade, além de compactar o enrolamento, evitando, assim, vibrações.

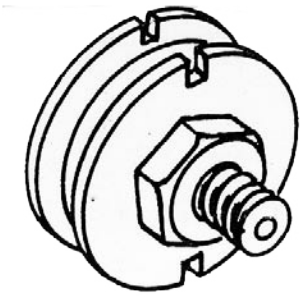
A bobina que recebe a linha de alimentação é chamada de primária e a bobina onde é ligada a carga, considerada saída, é denominada secundária. As bobinas primária e secundária são semelhantes na parte construtiva em geral, diferindo apenas no que se refere à seção do condutor e número de espiras. Normalmente, a bobina primária tem duas pontas: a do início e a do fim e a secundária, também, em se tratando de trafo para única tensão do primário e única tensão do secundário.

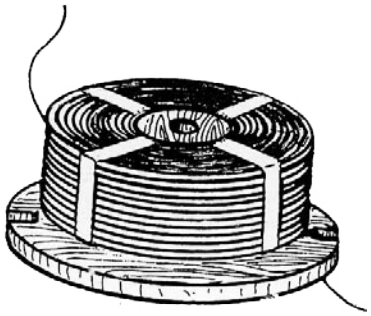
A fim de aumentar o campo de utilização dos trafos, empregaram-se sistemas série, paralelo, por derivação de taps, que permitem a ligação em várias tensões para o primário como: 220V, 380V, 440V e saídas para serem utilizadas por equipamentos de 110V e 220V. Neste caso, o trafo possui 5 pontas no primário e 4 pontas no secundário, dependendo de seu campo de utilização. Essas pontas são levadas para a parte superior e conectadas a uma régua de bornes ou conectores, recebendo no primário a identificação H_1, H_2, H_3,H_4.....H_n e a identificação do secundário, X_1,X_2,X_3,X_4,.....X_n, do mesmo modo.

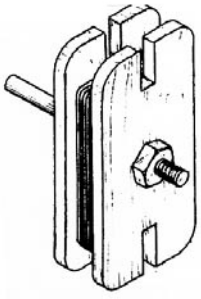


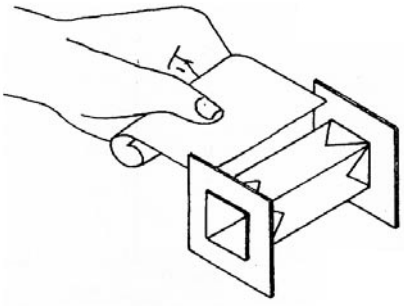
8.2.6 – Carretel ou molde

Os carretéis ou moldes são os meios utilizados para dar forma e tamanho às bobinas. São feitos de material isolante, sendo mais comuns o papel fibróide, as fibras vulcanizadas, poliéster, etc.



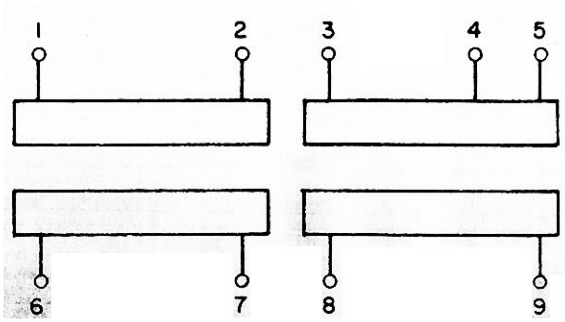






8.2.7 – Placa de identificação

É o meio utilizado pelo fabricante para relacionar as características elétricas do transformador. Normalmente é encontrada fixada sobre o isolante da bobina dos transformadores.



TRANSFORMADOR 50/60Hz
MONOFÁSICO TIPO - TSU VA
IND. BRASILEIRA Nº

PRIM.	CONECTAR		LIGAR	SEC.	CONECTAR		LIGAR
220	1-3	2-5	1-5	110	6-8	7-9	6-9
380	2-3	—	1-4				
440	2-3	—	1-5	220	7-8	—	6-9

8.3 – Tipos de transformadores

Neste livro serão focalizados quatro tipos de trafos: o transformador para circuito de comando; o transformador de corrente; o transformador de potencial e o autotransformador, cujas características elétricas e particulares serão descritas separadamente.

Essas características são encontradas, normalmente, nas placas de identificação dos transformadores.

8.4 – Transformadores para circuito de comando

8.4.1 – Conceito

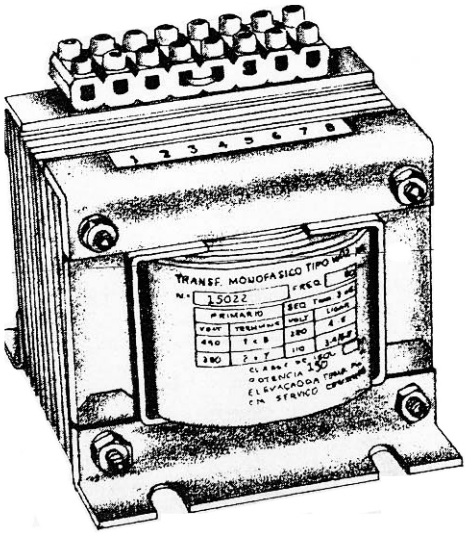
Os transformadores para circuito de comando têm a finalidade de transformar a tensão de alimentação do painel para tensões a serem utilizadas pelos dispositivos do painel, como contatores, relés , lâmpadas, sinalizadores, etc.

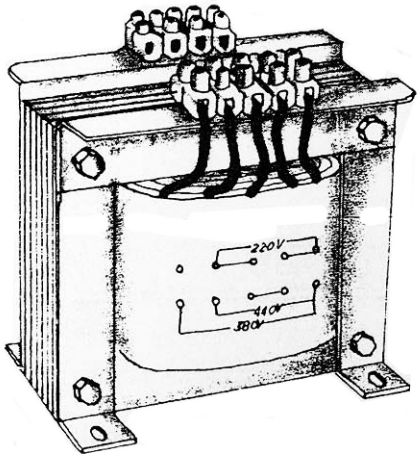
Para aumentar o campo de utilização, os fabricantes constroem transformadores que atendem a várias tensões no primário, como por exemplo: 220V, 380V, 440V, que podem ser ligados entre fases ou entre fase e neutro, desde que a tensão

de alimentação do painel coincida com uma das tensões gravadas na placa de identificação do transformador .

Os transformadores para circuito de comando são também utilizados como dispositivos de segurança (proteção) nas manobras e nas correções de defeitos; para separar o circuito principal do circuito de comando (auxiliar), restringindo e limitando possíveis curtos-circuitos a valores que não afetem a fiação do circuito de comando; para amortecer as variações de tensões, evitando, assim, possíveis ricochetes (vibrações) e aumentando, desse modo, a vida útil do equipamento.

Nos transformadores de comando encontramos todos os elementos citados como básicos, ou seja: conectores ou régua de bornes, suporte angular, suporte de fixação, núcleo, bobina, carretel ou molde e placa de identificação.





8.4.2 – Características

As principais características elétricas desse dispositivo são: potência nominal e tensão nominal.

8.4.2.1 – Potência nominal

No momento em que as bobinas dos contatores são ligadas ao transformador de comando, elas exigem uma potência aparente que varia de 6 a 14 vezes esta potência aparente em regime permanente.

Deve-se escolher o trafo para suprir essas exigências tanto no momento inicial, como no regime permanente de trabalho.

Encontram-se, no mercado, trafos para comando, variando de 20 a 1000VA.

TRANSFORMADOR MONOFÁSICO TIPO WO2
Nº 16032 FREQ. ____ H_z

PRIMÁRIO		SEC.TERM. 3 A 6	
VOLT.	TERMINAIS	VOLT	LIGAR

CLASSE DE ISOL. ____ KV
POTÊNCIA 150 VA
ELEVAÇÃO DA TEMP.
EM SERVIÇO CONTÍNUO
IND.BRAS.

8.4.2.2 – Tensão nominal

Quanto à tensão, os trafos para circuito de comando são construídos, em geral, para 220V, 380V e 440V no primário e 110V, 220V no secundário, sendo, no entanto, fabricados sob encomenda para qualquer tensão de entrada e saída. Quanto ao isolamento, os trafos para circuito de comando são a seco.

TRANSFORMADOR MONOFÁSICO TIPO WO2
Nº 16032 FREQ. ____ H_z

PRIMÁRIO		SEC.TERM. 3 A 6	
VOLT.	TERMINAIS	VOLT	LIGAR
440		220	
380		110	

CLASSE DE ISOL. ____ KV
POTÊNCIA 150 VA
ELEVAÇÃO DA TEMP.
EM SERVIÇO CONTÍNUO
IND.BRAS.

8.5 – Transformadores de corrente

8.5.1 – Conceito

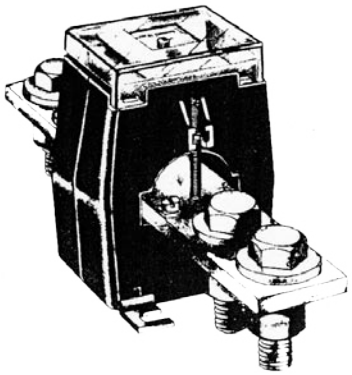
Os transformadores de corrente ou TCs têm como finalidade principal transformar uma corrente alta, em uma corrente baixa. Destinam-se à transformação da corrente primária que estiver circulando em condutores circulares e barramentos em quadros de comando, distribuição, sinalização, controle de motores de máquinas,em corrente secundária, que circulará nos sistemas de proteção (relés) e nos sistemas de medição (instrumentos).

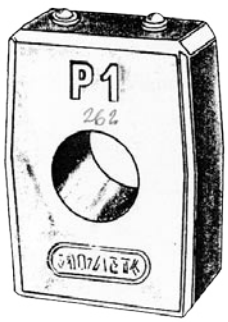
No sistema de proteção, o trafo de corrente é associado a um relé térmico, cuja corrente nominal é inferior à corrente da rede. Para proteção contra sobrecargas, esse trafo apresenta a vantagem de permitir os longos picos de corrente dos grandes motores na sua partida, possibilitando, assim, um controle mais efetivo e mais preciso.

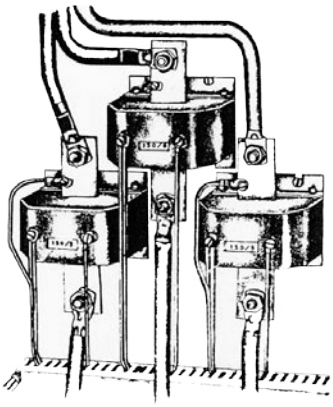
Os transformadores de corrente utilizam apenas uma fase e são fabricados em janela para barramento ou condutores circulares. A janela é a abertura central, onde passa o condutor circular ou o barramento.

Diferem, na forma construtiva, dos demais trafos, mas possuem funcionamento análogo, tendo como primário o próprio condutor circular ou o barramento do circuito principal onde será utilizado. O núcleo e o secundário constituem uma só peça, sendo moldados em resina isolante de alta rigidez dielétrica.

De fácil instalação, construção robusta e dimensão reduzida, esse transformador permite, em alguns casos, a passagem da barra ou condutor circular sem seccionamento dos mesmos. É insensível a mudanças climáticas.







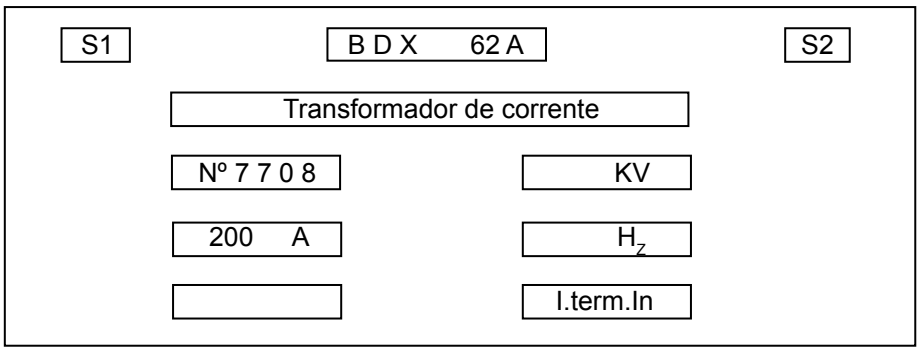
8.5.2 – Características

Esse transformador apresenta como características principais: corrente primária, corrente secundária, fator térmico nominal, limite de corrente de curta duração para efeito térmico, limite de corrente de curta duração para efeito mecânico, relação de transformação, classe de tensão de isolamento e classe de exatidão.

8.5.2.1 – Corrente primária

É a corrente que circula no condutor de carga, que passa pela janela do trafo de corrente ou é ligado à barra condutora, que atravessa a mesma janela.

Toda vez que um condutor é percorrido por uma corrente elétrica surge, em torno dele, um campo magnético proporcional a esta corrente. Esse campo, ao atravessar a janela do trafo, é conduzido pelo núcleo, que tem em torno de si um enrolamento secundário. Nos extremos desse enrolamento, onde serão ligados os instrumentos e dispositivos de proteção, surge uma diferença de potencial. A corrente elétrica que circula no condutor de carga (primário) varia de 50A a 400A, em geral para uma saída de 5A, no secundário.



8.5.2.2 – Fator térmico nominal

É o número que, multiplicado pela corrente primária nominal, indica a corrente primária máxima que o trafo de corrente suporta em regime permanente. Esta regra é válida se o trafo estiver operando com carga e freqüência nominais e sem exceder os limites de elevação de temperatura correspondentes à sua classe de isolamento, mantendo sua classe de precisão. Os trafos de corrente podem possuir fator térmico igual a 1,0.; 1,33; 1,5 ou 2,0. Diversos fabricantes nacionais já fabricam trafos com fatores térmicos maiores.

8.5.2.3 – Limite de corrente de curta duração para efeito térmico

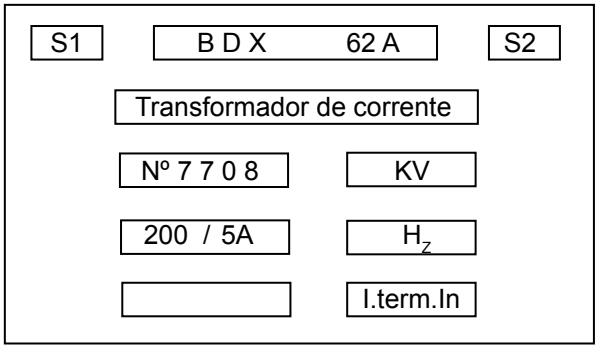
É o valor eficaz da corrente primária que o trafo de corrente pode suportar durante determinado tempo, normalmente um segundo (1seg), com o secundário em curto-circuito ou com determinada carga normalizada, sem exceder os limites de elevação de temperatura correspondentes à sua classe. Em termos mais simples, significa que um trafo de corrente pode ser construído de modo a suportar termicamente uma determinada sobrecorrente durante um segundo (1seg), sem danificar-se.

8.5.2.4 – Limite de corrente de curta duração para efeito mecânico

É o valor correspondente a 2,5 vezes a corrente de curta duração para efeito térmico e suportável pelo trafo durante 0,1 segundo, sem que este se danifique.

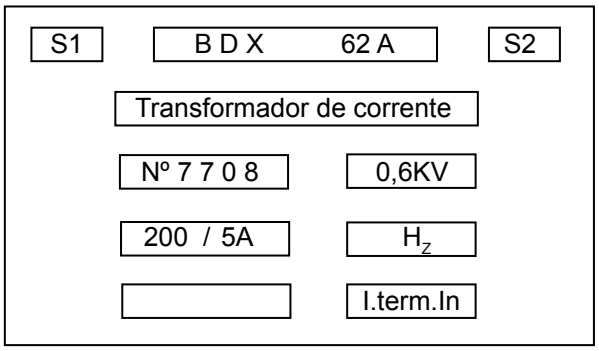
8.5.2.5 – Relação de transformação

Uma característica importante em trafos de corrente é a relação de transformação, que vem indicada na placa de identificação da seguinte maneira: 30/5A, 50/5A, 200/5A, 500/5A, etc. Isto significa que, para um trafo com a identificação 200/5A, quando a corrente for de 200A na rede principal, a corrente no relé será de 5A . Dessa forma, o relé térmico terá seu tamanho reduzido e poderá ser normalizado.



8.5.2.6 – Classe de tensão de isolamento

Classe de tensão de isolamento é o valor da tensão máxima à qual o trafo de corrente pode ser submetido, sem que seja perfurado o seu isolamento.

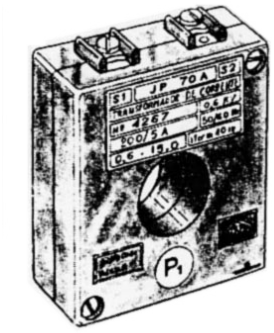


8.5.2.7 – Classe de exatidão

É o limite de erro máximo tolerável para mais ou menos, tendo, como referência, o valor da corrente primária nominal. Os erros toleráveis numa classe de exatidão são dados em termos percentuais e são normalizados pela ABNT.

S1	B D X 62 A	S2
Transformador de corrente		
Nº 7 7 0 8	0,6 KV	
200 / 5A	50/60H_z	
0,6 – C5,0	I.term. In	

S1	B D X 62 A	S2
Transformador de corrente		
Nº 7 7 0 8	0,6 KV	
200 / 5A	50/60H_z	
0,6 – C5,0	I.term.40 In	



corrente primária	I térmica	relação transformação
classe de tensão de isolamento		classe de exatidão

8.6 – Transformadores de potencial

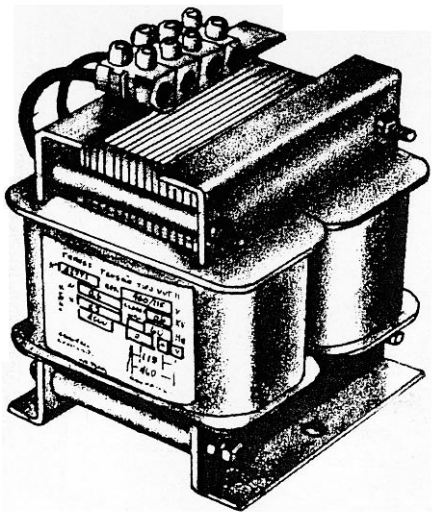
8.6.1 – Conceito

Os transformadores de potencial ou TPs têm a finalidade de transformar uma diferença de potencial em circuitos que variam de 115V a 460.000V, para uma tensão de 115V e/ou $\frac{115V}{\sqrt{3}}$, onde serão ligados os diversos instrumentos como voltímetro, wattímetro e varímetro.

São fabricados para uso interior ou exterior, podendo seu isolamento ser a seco, seco envolto em resina ou imerso em líquido isolante.

Esses trafos são construídos para atender às necessidades dos sistemas de medição em baixa tensão, podendo ser ligados entre fases, ou entre fase e neutro.

Apesar de os TPs transformarem a tensão alta em tensão baixa, quando necessitamos medir a tensão na alta devemos colocar o voltímetro ligado ao secundário do trafo, pois esse aparelho apresenta isolação somente até 600V. Posteriormente, através de transformação, calculamos a tensão na alta. Nos transformadores de potencial encontramos também todos os elementos citados como básicos, ou seja: conectores ou régua de bornes, suporte angular, suporte de fixação, núcleo, carretel ou molde e placa de identificação. Sua particularidade é a presença de duas bobinas, que formam o secundário e o primário.



8.6.2 – Características

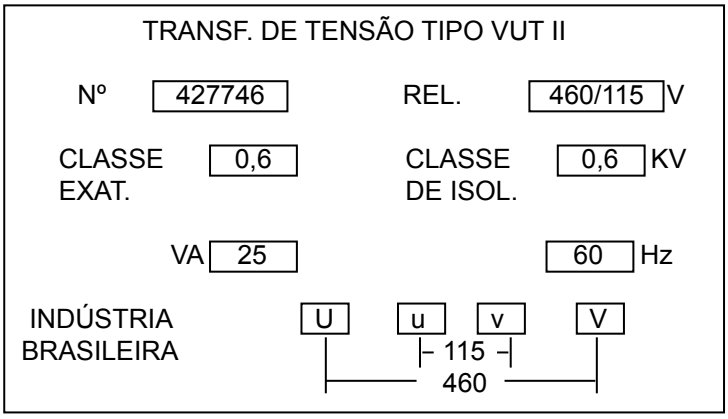
A principal característica elétrica do trafo de potencial é a sua classe de exatidão.

Devido ao fato de que esse trafo só é usado em sistemas de medição, é necessário que ele mantenha a classe de exatidão, mesmo para valores compreendidos entre 90 a 110% da tensão nominal, podendo trabalhar continuamente com a potência nominal.

Exemplificando o que foi exposto: um trafo de potencial projetado para 600V manterá a classe de exatidão entre 540V (90% de 600) e 660V (110% de 600) mas pode trabalhar com potência nominal, sem problemas de aquecimento, até o valor máximo de 690V, que corresponde a 1,15 vezes a tensão nominal.

Em resumo: classe de exatidão é o valor mais preciso que o transformador pode oferecer, com um pequeno percentual de erro tolerável de 0,1 a 10% da tensão nominal, dependendo do fim a que se destine.

Veja o exemplo de uma placa de identificação do trafo de potencial.



8.7 – Autotransformadores (autotrafos)

8.7.1 – Conceito

São transformadores que diferem dos outros na parte construtiva, sendo semelhantes, no entanto, em funcionamento.

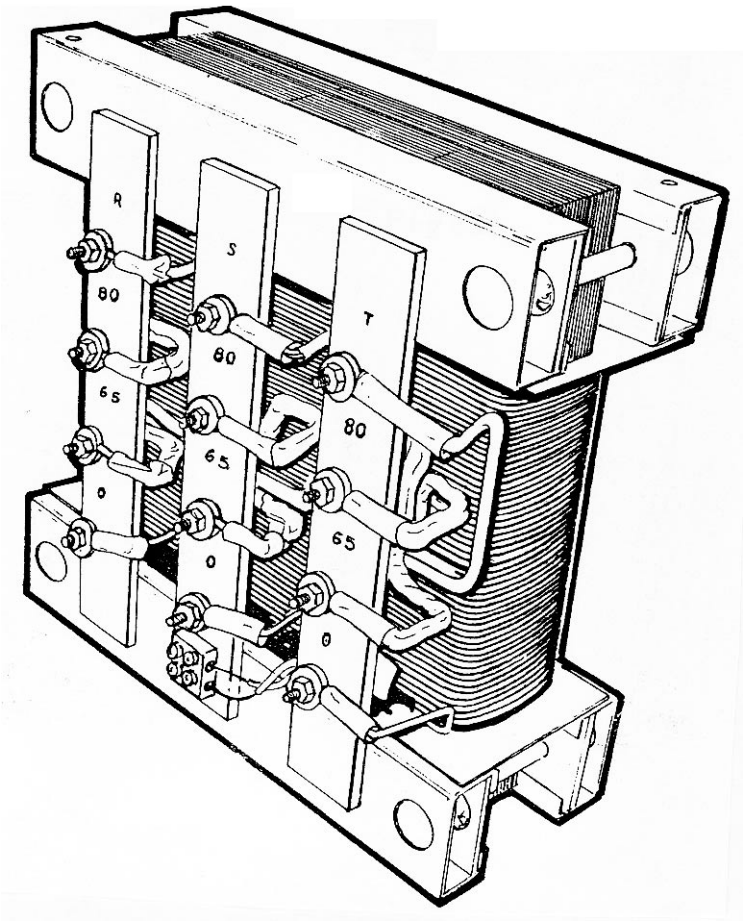
Possuem uma parte do enrolamento servindo em comum, tanto ao primário, como ao secundário. Isto quer dizer que, do início até o fim de uma das bobinas, temos o enrolamento primário de onde são retirados alguns "**taps**" intermediários, que dão ao dispositivo o nome de autotrafo. Os "**taps**" intermediários, em relação ao final da bobina, são chamados de secundários do autotrafo.

De modo geral, os autotrafos podem ser monofásicos, bifásicos ou trifásicos. Sua utilização oferece vantagens e desvantagens com relação aos transformadores de dois enrolamentos separados. São vantagens: economia de fio no bobinamento, economia de núcleo (aço silício), economia de espaço, melhor

rendimento, etc. Como desvantagens, podemos citar o fato de que os autotrafos não possuem enrolamentos completamente isolados e separados.

Torna-se necessário um estudo detalhado para utilização de autotrafo, pois, como sabemos, nesses transformadores, o secundário é parte do bobinado do primário.

Os elementos nos autotrafos são:suporte angular, suporte de fixação, núcleo, bobina com derivações de **taps** e régua de bornes ou terminais, dependendo do tipo construtivo.



8.7.2 – Características

O autotrafo tem as seguintes características elétricas: potência no secundário, tensão no primário e taps.

8.7.2.1 – Potência no secundário

A potência do autotrafo deve corresponder à do motor que ele irá colocar em movimento.

8.7.2.2 – Tensão no primário

A tensão no primário deve corresponder à tensão nominal da rede, onde o trafo será ligado.

8.7.2.3 – Tensão no secundário

A tensão no secundário é a tensão de saída nos taps. Essa tensão possibilita ao motor sair da inércia e acelerar-se com 50%, 65%, ou 80% da tensão nominal.

8.7.2.4 – Taps

Os taps são derivações para tensões variadas e, em geral, nos valores de 65% e 80% da tensão nominal. Em casos especiais podem ser fabricados trafos que permitem derivações de taps no valor de 50% da tensão nominal.

Veja o exemplo de uma placa de identificação do autotrafo.

AUTO TRANSFORMADOR DE PARTIDA			
POTÊNCIA	3 H P	H_z	6 0
TENSÃO	2 2 0 V	TAPS	65% e 80%
INDÚSTRIA BRASILEIRA			

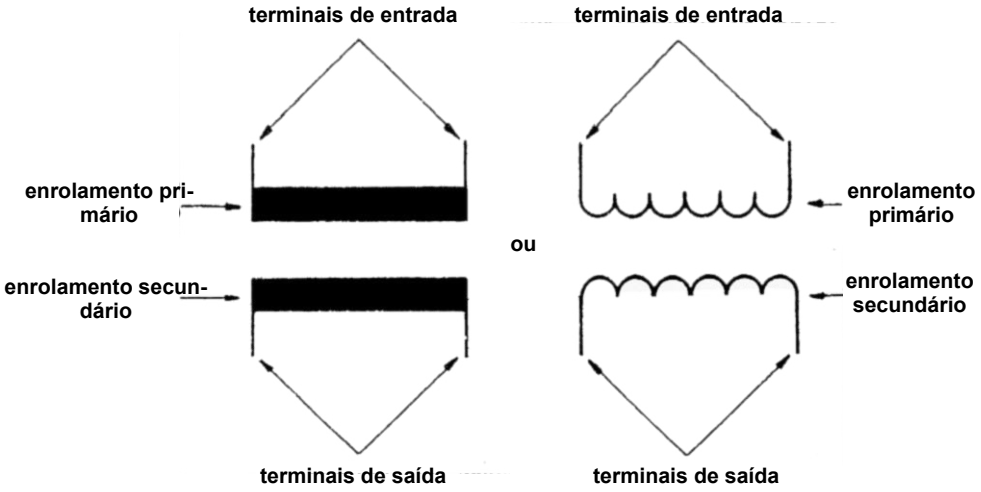
8.8 – Representação dos transformadores nos esquemas elétricos

Serão apresentados aqui os símbolos segundo as normas adotadas pela ABNT, DIN e IEC. Como estamos tratando de quatro tipos de transformadores, particularizadamente trataremos, também, da simbologia de cada um deles.

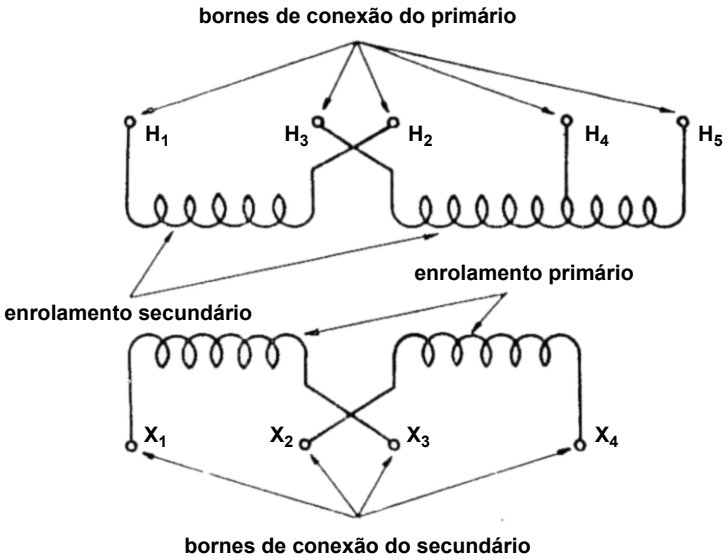
8.8.1 – Transformador para circuito de comando

Em geral, esse trafo é fabricado para três tensões de entrada ou seja, 220V, 380V e 440V e duas tensões de saída ou seja 110V e 220V. Esse trafo tem um símbolo geral e um símbolo para várias tensões.

8.8.1.1 – Símbolo geral segundo a ABNT (igualmente utilizado pelas normas DIN e IEC)



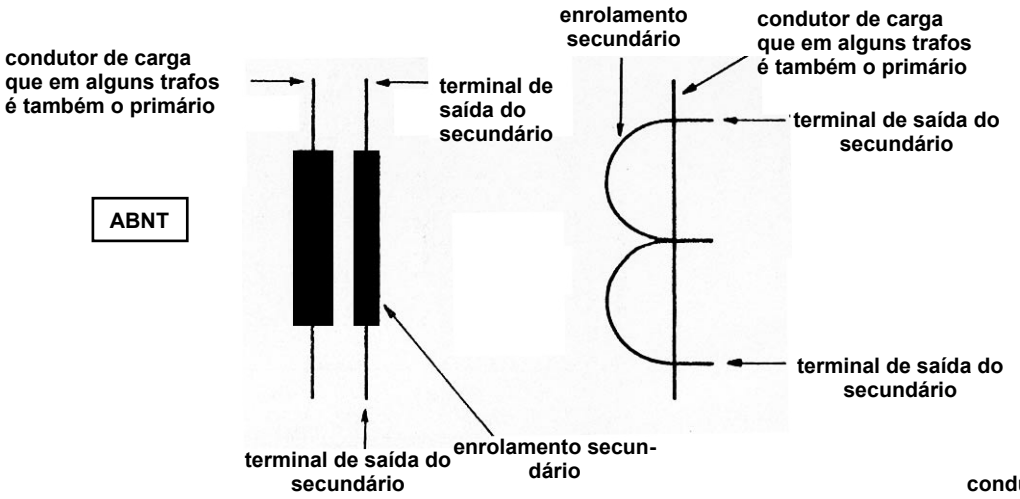
8.8.1.2 – Símbolo para várias tensões de saídas e entradas



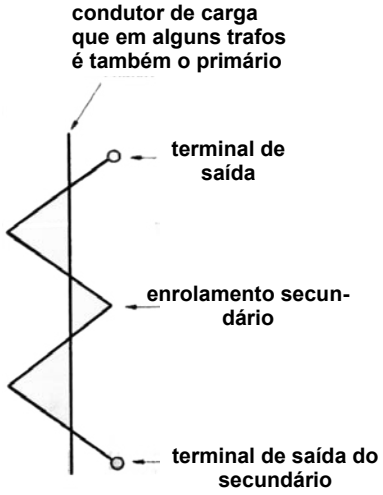
nota

A letra H indica sempre bornes de conexão do primário; a letra X indica sempre bornes de conexão do secundário. Alguns fabricantes adotam números para identificação dos bornes, sendo os mais usuais 1,2,3,4,5,6,7,8 e 9.

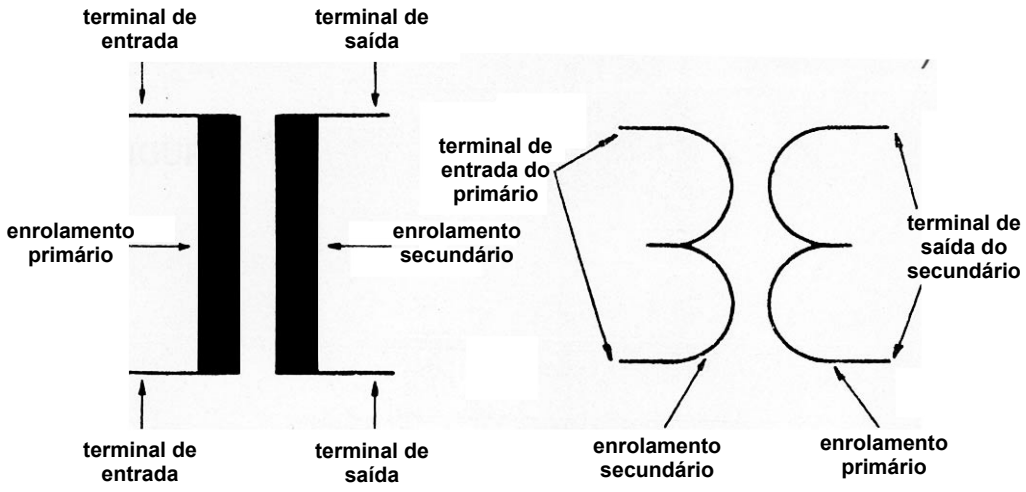
8.8.2 – Transfomador de corrente: símbolo geral



Embora o símbolo anterior seja padronizado, encontramos em muitos projetos outro tipo de representação, conforme figura ao lado.

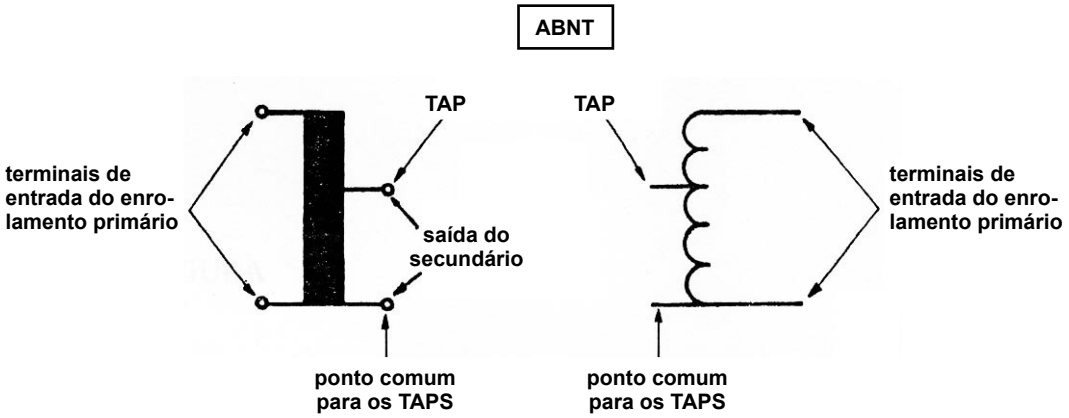


8.8.3 – Transformador de potencial : símbolo geral



8.8.4 – Autotransformadores (autotrafos)

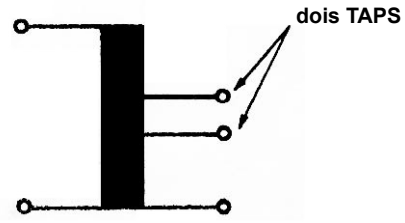
8.8.4.1 – Símbolo geral



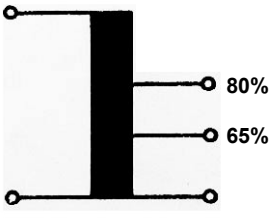
nota

Lembre-se de que, no autotrafo, parte do enrolamento primário é também utilizado para o secundário.

O traço utilizado para representar os taps, no símbolo, indica também o número de derivações ou taps existentes no transformador. Vejamos um exemplo:

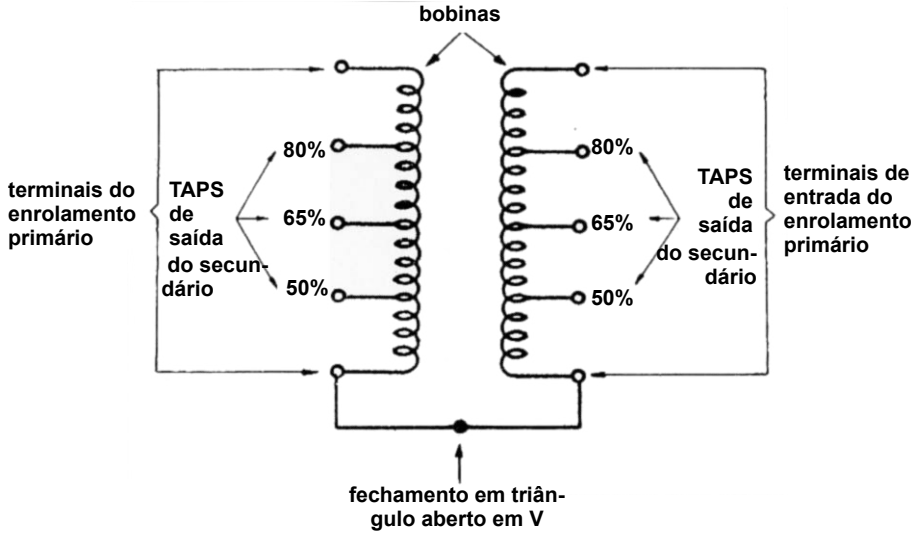


Se tivermos então um autotrafo com taps de 65% e 80%, estes valores aparecerão indicados no símbolo da seguinte forma:

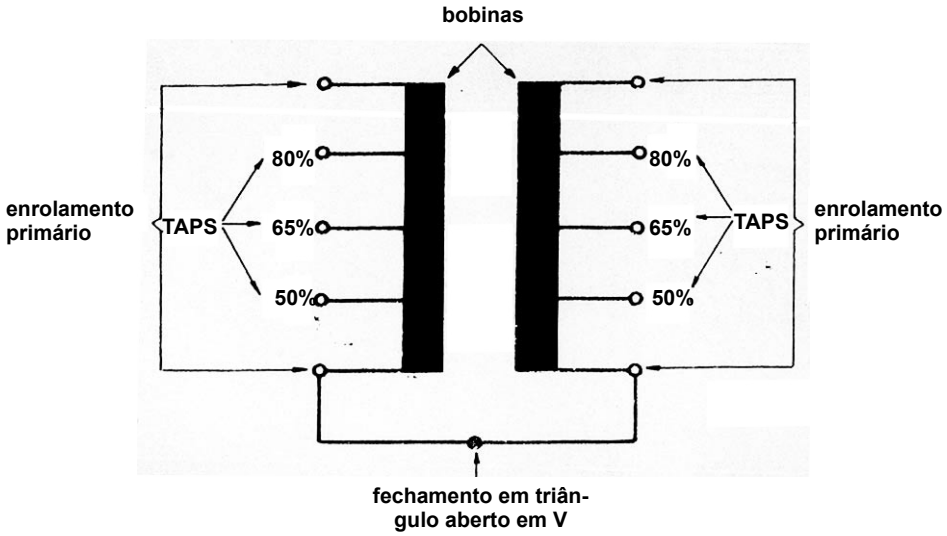


Em geral, os projetos apresentam duas outras representações do autotrafo: uma, com fechamento em triângulo aberto, também conhecido como delta aberto ou em V; outra, com fechamento em estrela.

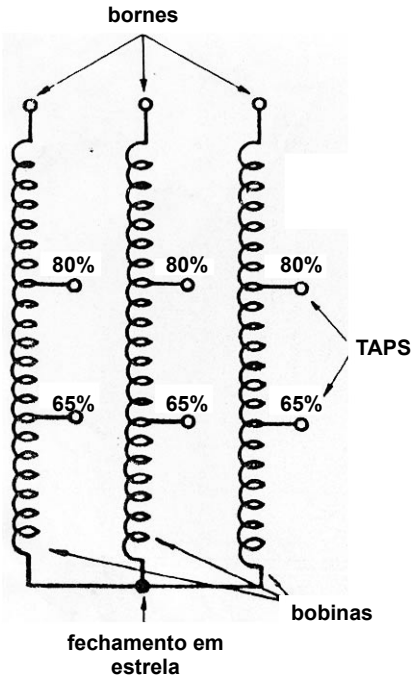
➢ SÍMBOLO GERAL DO AUTOTRAFO COM FECHAMENTO EM TRIÂNGULO ABERTO, TAMBÉM CONHECIDO COMO DELTA ABERTO OU EM V



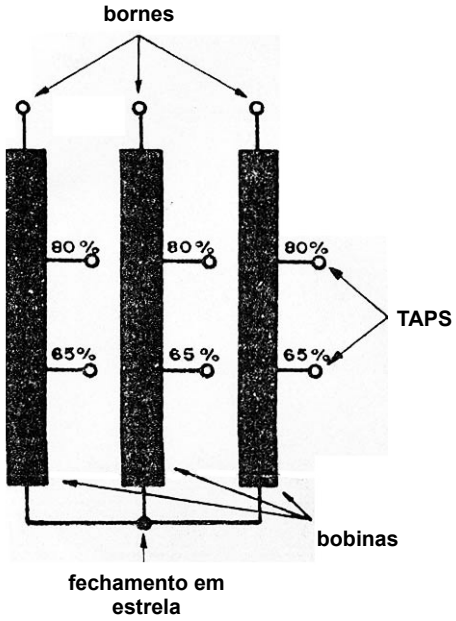
Esse símbolo pode aparecer também com outra representação, conforme abaixo:



➢ SÍMBOLO GERAL DO AUTOTRAFO COM FECHAMENTO EM ESTRELA



Outra representação possível para o mesmo símbolo é a seguinte:



8.9 – Funcionamento dos diferentes tipos de transformadores

1 – Transformador ou trafo para circuito de comando

2 – Transformador ou trafo de corrente

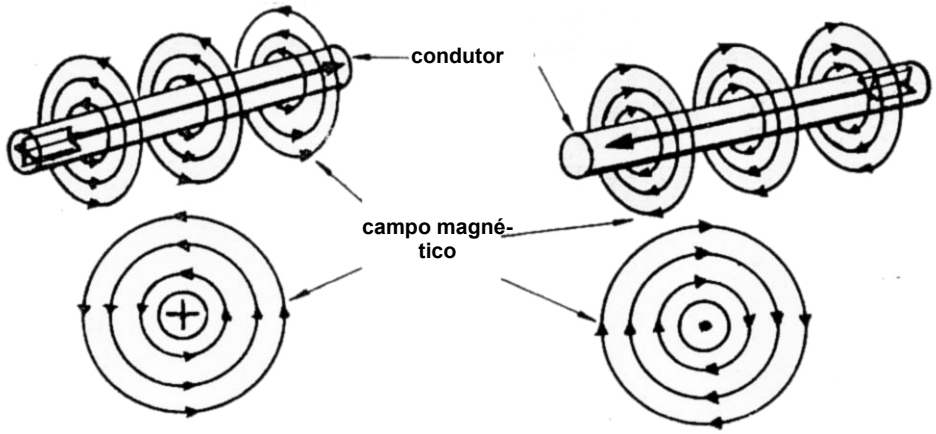
3 – Transformador ou trafo de potencial

4 – Autotransformador ou autotrafo

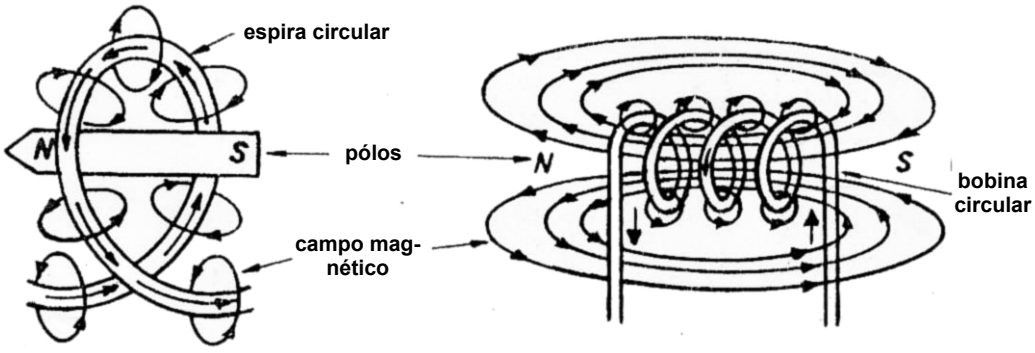
É importante estudar o funcionamento de cada um desses transformadores, para perceber as diferenças existentes entre eles e conhecer suas possibilidades de aplicação.

8.9.1 – Transformador para circuito de comando

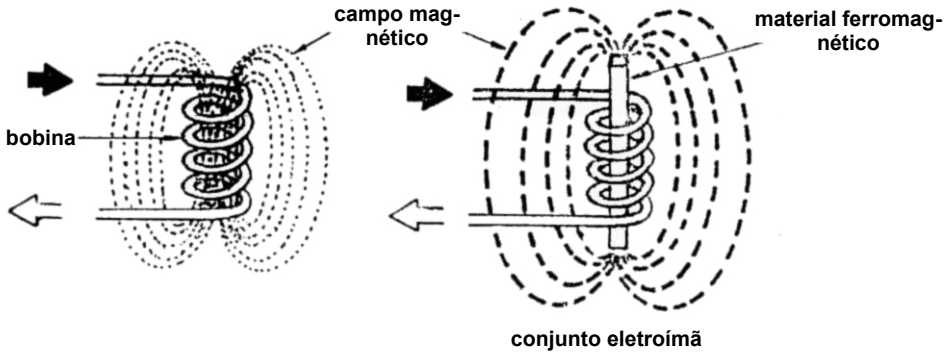
Todas as vezes que um condutor for percorrido por uma corrente elétrica, é criado em torno dele um campo magnético, cuja intensidade depende do número de voltas do condutor em torno do carretel da bobina.



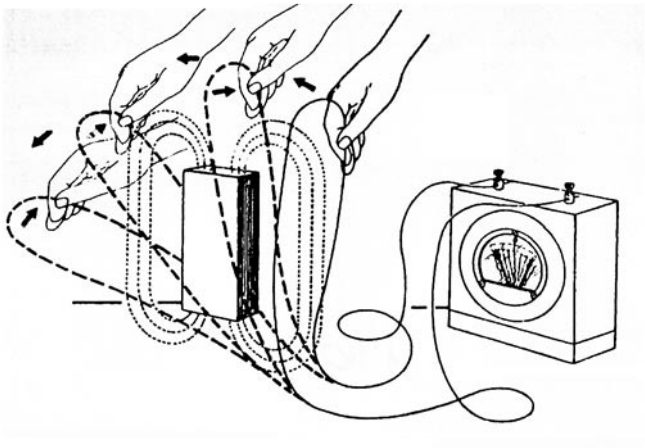
Na maioria das vezes, a construção da bobina é circular. Dependendo do sentido de entrada da corrente na mesma, teremos em um lado do eixo de abertura central um pólo norte e, no outro, um pólo sul.



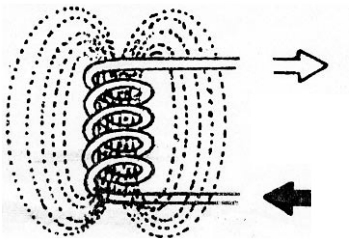
Se colocarmos um material ferromagnético na abertura central da bobina, teremos um eletroímã, pois o campo magnético no centro da bobina orientará os átomos de ferro, ficando esse campo concentrado no ferro.



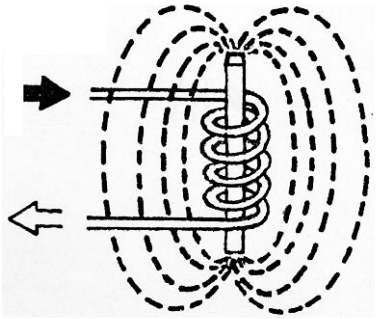
Além disso, todas as vezes que um condutor é submetido a um campo magnético, aparece em seus extremos uma diferença de potencial, cujo valor em volts depende do número de voltas circulares que o condutor descreve em torno desse campo.



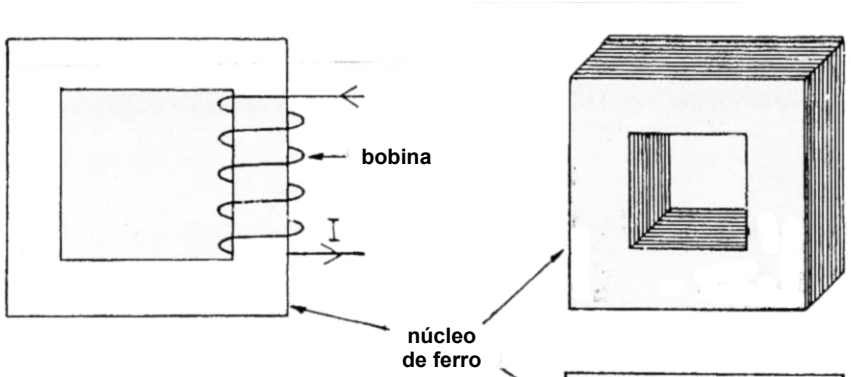
A seguir, vamos usar os dois fenômenos em um só dispositivo. Inicialmente, tomemos um condutor em espiral sendo percorrido por uma corrente elétrica.



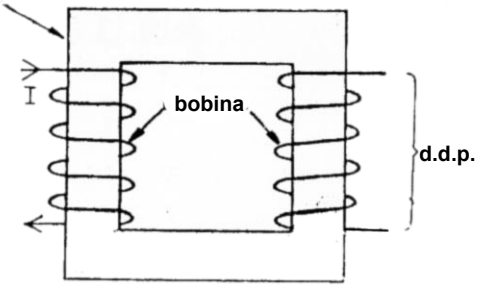
Introduzamos no seu centro um núcleo ferromagnético.



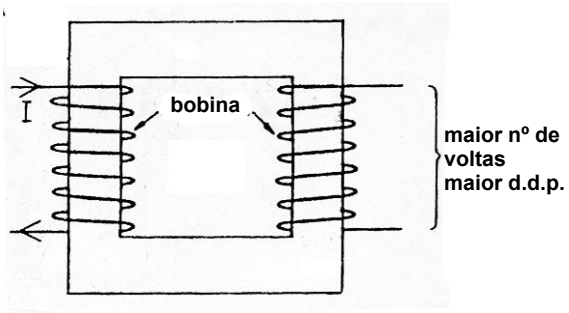
Devido ao fato de o condutor estar sendo percorrido por uma corrente, haverá no centro da espiral um campo magnético que imantará o ferro. Se o ferro tiver a forma construtiva, conforme a figura abaixo, haverá em toda a sua extensão um campo magnético.



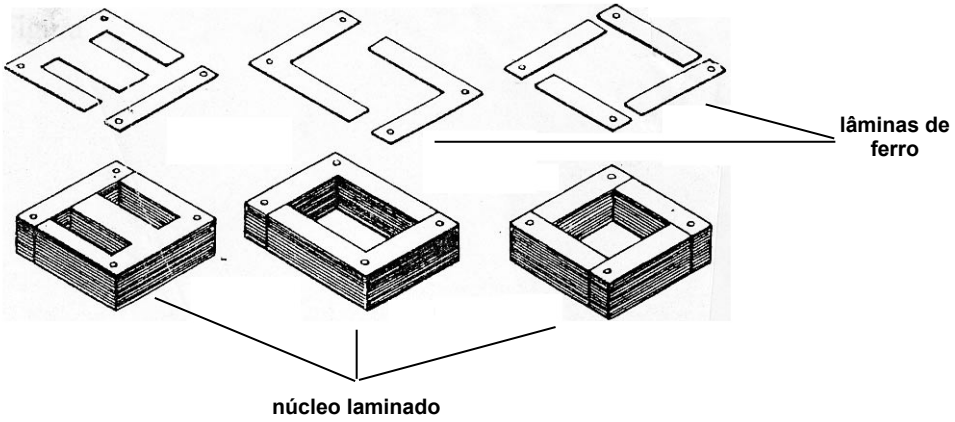
Se tomarmos um fio e o espiralarmos no outro lado do quadrado, teremos então no seu extremo uma diferença de potencial.



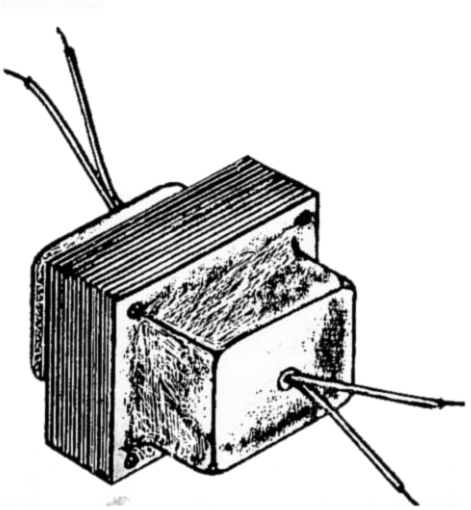
O valor, em volts, dessa diferença de potencial depende do número de voltas que o fio descreve em torno do ferro.



Para evitar perdas por histerese e pelas correntes parasitas, denominadas ambas de "perdas no ferro", o núcleo é construído em lâminas de aço silício.



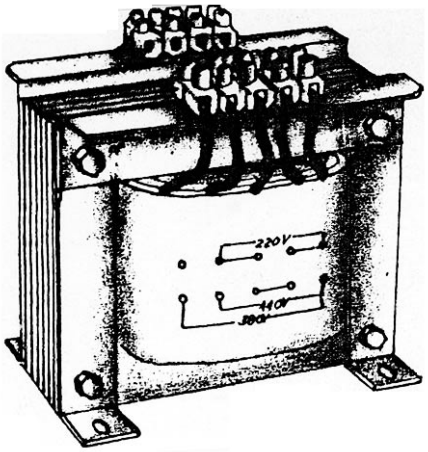
Ao conjunto bobinas e núcleo chamamos transformadores, que se baseiam no fenômeno de mútua indução entre dois circuitos eletricamente isolados e magneticamente ligados.

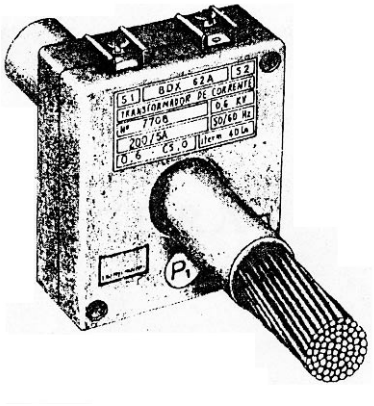


É bom fixar que a bobina primária é totalmente independente da secundária, isto é, não há nenhuma ligação elétrica entre elas. As duas bobinas são montadas no mesmo núcleo, ou seja, no mesmo circuito magnético.

É dessa forma que funcionam os trafos, em geral.

Assim, vimos o caso do trafo para circuito de comando que possui um enrolamento para o primário e um para o secundário. Quando este trafo é fabricado para várias tensões, há indicação, na placa, de como conectar os enrolamentos, associando-os de tal forma que atendam à tensão desejada.



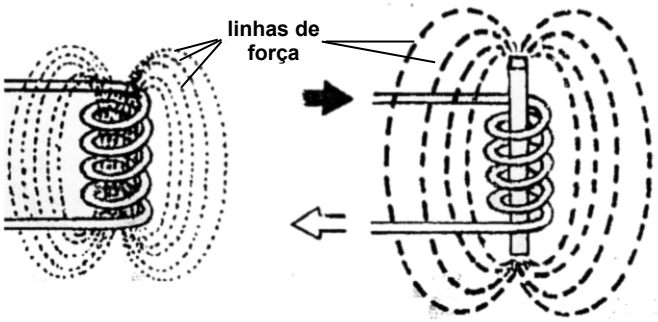


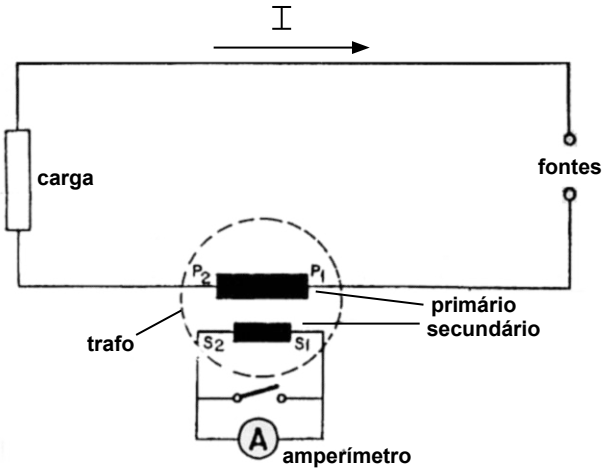
8.9.2 – Transformador de corrente

O funcionamento do trafo de corrente é semelhante ao do trafo para circuito de comando, baseando-se no mesmo princípio.

O trafo de corrente, às vezes, não possui uma bobina primária, mas sim um condutor que passa por sua "janela", com a função de primário.

Todas as vezes que circular corrente por esse condutor, aparecerá em torno do mesmo um campo magnético proporcional a essa corrente. Esse campo é induzido no núcleo magnético, orientando os átomos de ferro em toda a extensão do mesmo, concentrando, assim, as linhas de força.





O secundário, que está enrolado no núcleo, sofrerá a ação desse campo, aparecendo, assim, nos seus extremos, uma diferença de potencial. Esta ddp faz circular uma corrente que, através do mostrador de um amperímetro, é convertida num valor em ampères.

Importante

POR QUE O TRANSFORMADOR DE CORRENTE NÃO PODE FICAR ABERTO

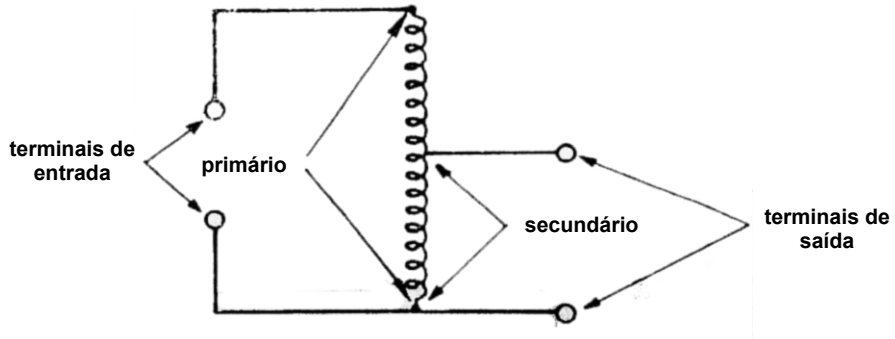
Quando o secundário permanecer em circuito aberto, existirá uma elevada diferença de potencial entre os terminais do mesmo, devido à elevada relação de transformação existente entre o secundário e o primário, fazendo com que o trafo atue como um transformador elevador de tensão. A força contra-eletromotriz no secundário não existe. O fluxo no núcleo é provocado unicamente pela força magnetomotriz do primário, que atua sozinha. Tal circunstância provoca um grande aumento de fluxo, causando uma perda excessiva no núcleo, por aquecimento (efeito joule). A elevada tensão existente no secundário e o fluxo magnético no núcleo implicarão a danificação total do TC e perigo de vida para os responsáveis pela manutenção.

8.9.3 – Tranformador de potencial

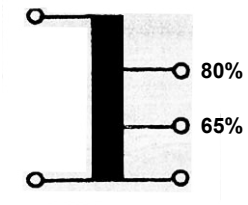
O funcionamento do trafo de potencial é semelhante ao do trafo para circuito de comando. Há, porém, uma diferença no que diz respeito à classe de exatidão, pois esse trafo destina-se a medições, necessitando, assim, de uma precisão maior.

8.9.4 – Autotransformador

Os autotrafos distinguem-se dos transformadores normais pelo fato de possuírem, no enrolamento denominado primário, derivações ou taps, que serão seu secundário.

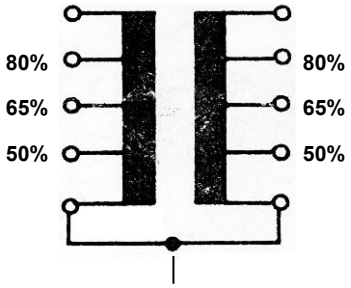


autotrafo com uma bobina



Os autotrafos podem ser de uma bobina, duas bobinas ou três bobinas. De modo geral, podem ter uma, duas ou três derivações ou taps. Uma aplicação do autotrafo de uma bobina com várias derivações, conhecido como autotrafo monofásico, é na chave compensadora monofásica.

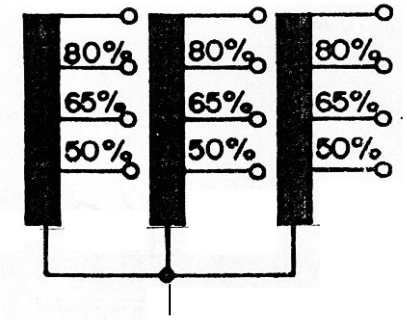
autotrafo com duas bobinas



ligação em V ou triângulo aberto

O autotrafo com duas bobinas, em geral, não é usado como bifásico. Sua aplicação mais comum é na ligação triângulo aberto ou ligação V, em chaves compensadoras para partidas de motores trifásicos.

autotrafo com três bobinas



ligação em estrela

O autotrafo com três bobinas é usado como trifásico na ligação estrela, em chaves compensadoras, para partida de motores de indução trifásicos. Geralmente possui taps de 65% e 80% da tensão de alimentação do primário, podendo, em casos especiais, ter um tap no valor de 50%. Deve-se ressaltar que o autotrafo, quando utilizado como chave compensadora, é acionado somente na partida dos motores. Durante o funcionamento normal ou marcha dos motores, o autotrafo com uma bobina, duas bobinas ou três bobinas fica desligado.

nota

Para se utilizarem autotrafos em outras funções, além do uso de chaves compensadoras, é necessário fazer um estudo detalhado de seu emprego, pelo fato de esse transformador apresentar alguns inconvenientes, como, por exemplo: não ter enrolamentos separados para primário e secundário, ser de baixa impedância, não permitir variações, tanto no primário como no secundário, etc.

09 Relés de Tempo

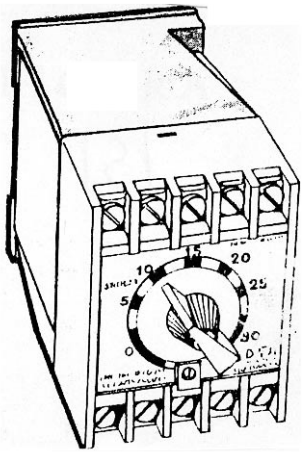
9 – Relés de tempo

9.1 – Conceito

Os relés de tempo são largamente utilizados, quando se faz necessária a presença de circuitos de comando elétrico automatizados.

Para iniciarmos o estudo de relés de tempo, é necessário, primeiramente, saber o que é relé.

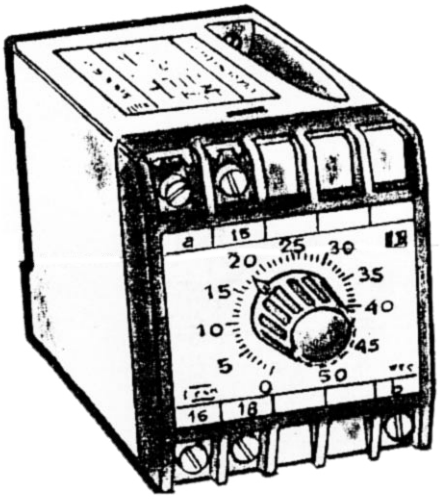
O relé é um dispositivo de comando, local ou à distância, cujos contatos auxiliares comandam outros dispositivos individuais, ou componentes de dispositivos de manobra.



O relé de tempo para comando elétrico é um dispositivo elétrico que possui um ajuste de tempo para operar com retardamento, no acionamento ou no desligamento de comando.

9.2 – Tipos

Existem vários tipos de relés de tempo. Aqui serão estudados relés de tempo eletromecânico, pneumático e eletrônico, que são os mais comumente utilizados.

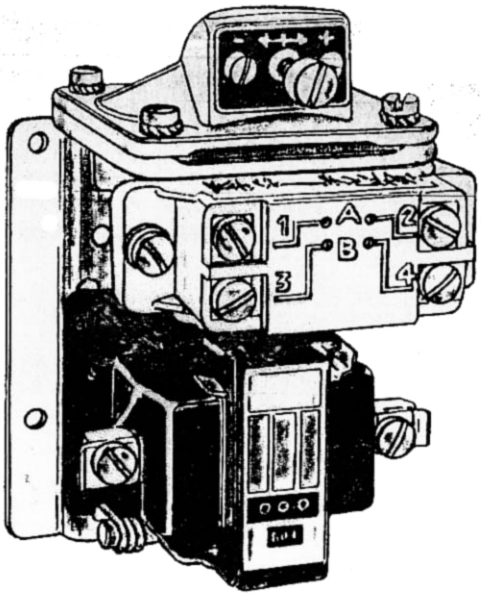


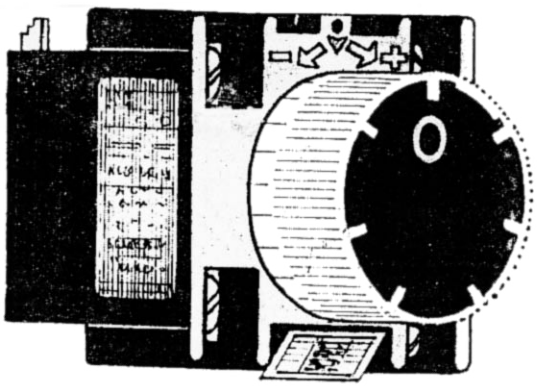
9.2.1 – Relé de tempo eletromecânico

É um dispositivo elétrico que, através de um motor, redutores e engrenagens, aciona, num tempo predeterminado, um mecanismo que fará abrir e/ou fechar contatos móveis temporizados.

9.2.2 – Relé de tempo pneumático

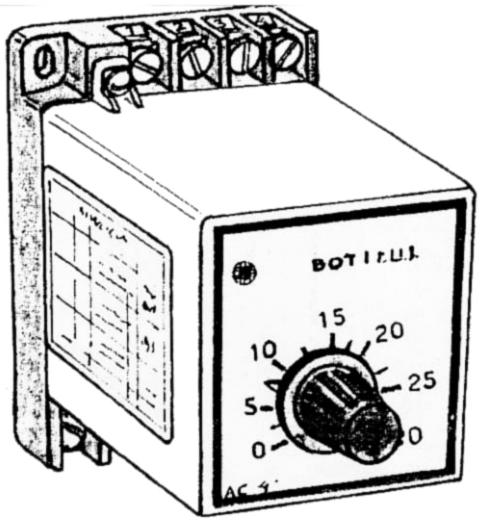
É um dispositivo elétrico que, através de uma válvula temporizadora pneumática, aciona o mecanismo que fará abrir e/ou fechar contatos móveis temporizados.





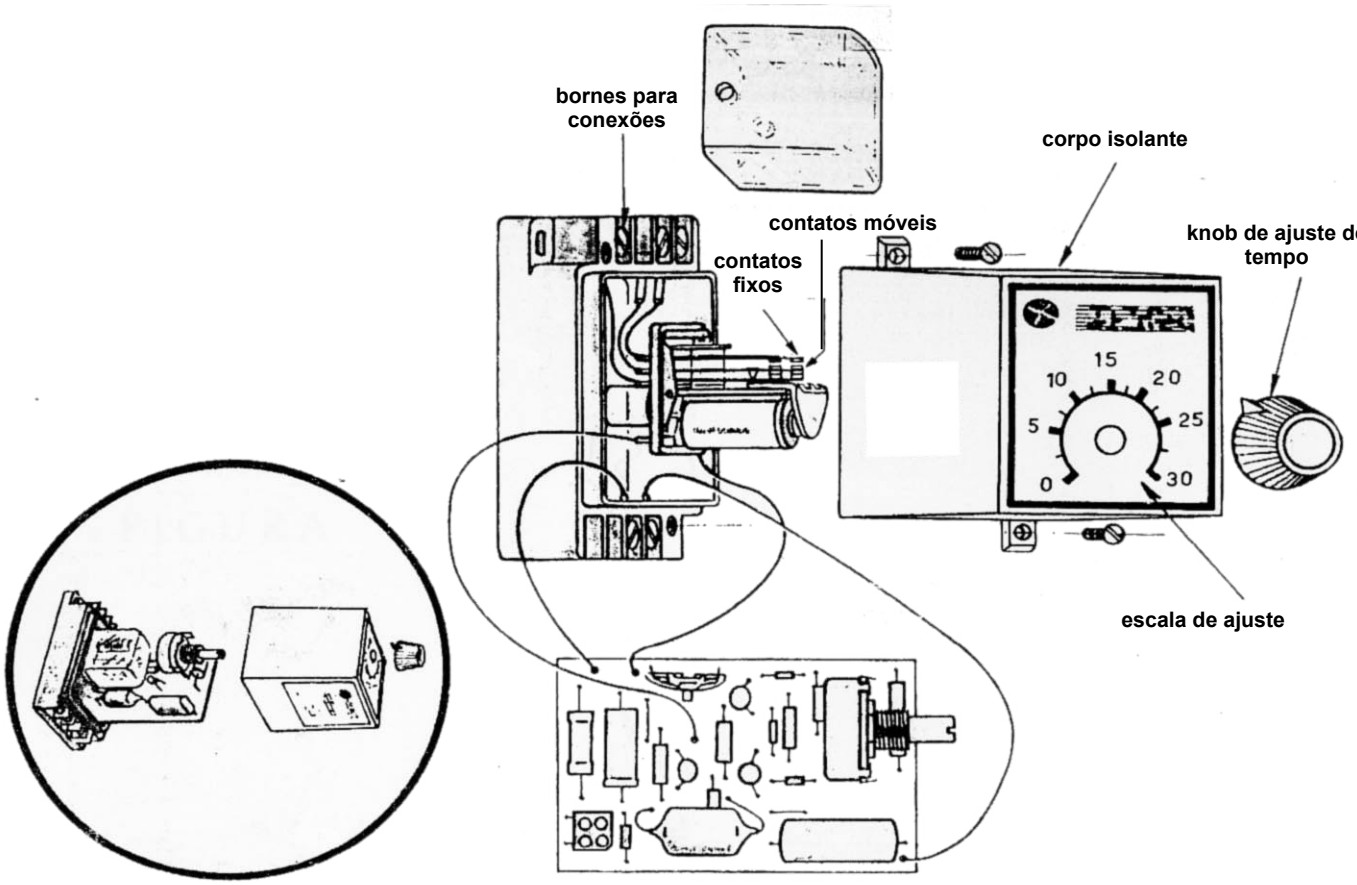
9.2.3 – Relé de tempo eletrônico

É um dispositivo elétrico que, através de um circuito eletrônico básico RC aciona, num tempo predeterminado, uma bobina eletromagnética, que fará abrir e/ou fechar contatos móveis temporizados. Tais circuitos, em alguns tipos de relés eletrônicos, são bastante sofisticados devido à precisão de sua utilização.

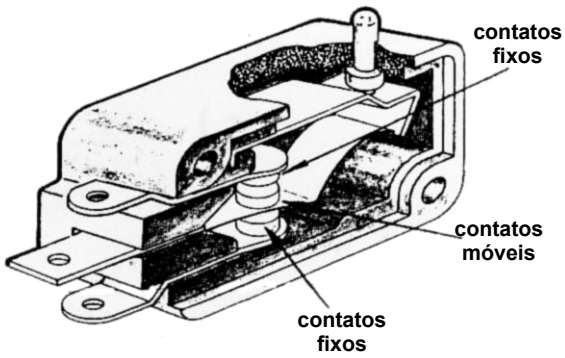


9.3 – Estrutura: componentes básicos

Na figura abaixo, localizam-se os componentes básicos do relé de tempo.



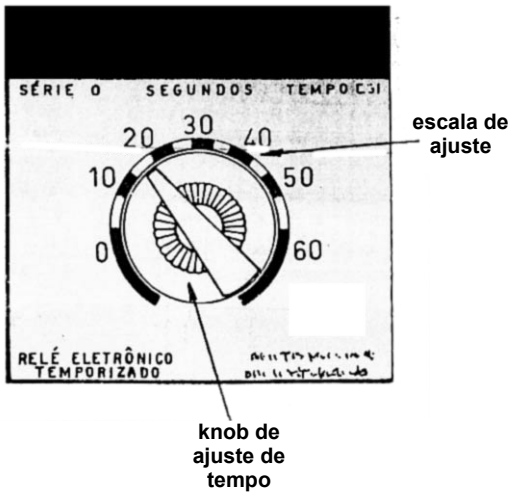
9.3.1 – Contatos fixos



Parte de um elemento de contato fixada à carcaça do dispositivo de manobra. Sobre os contatos fixos são pressionados, quando acionados, os contatos móveis.

9.3.2 – Contatos móveis

Constituem-se de uma peça de cobre, com dois pontos de contato de prata, movida quando do acionamento do comando do dispositivo de manobra.

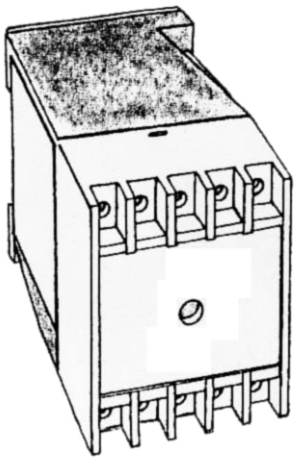


9.3.3 – Escala de ajuste

É uma escala graduada em segundos, minutos ou horas, através da qual se pode programar o tempo necessário para o acionamento de algum outro circuito.

9.3.4 – Knob de ajuste de tempo

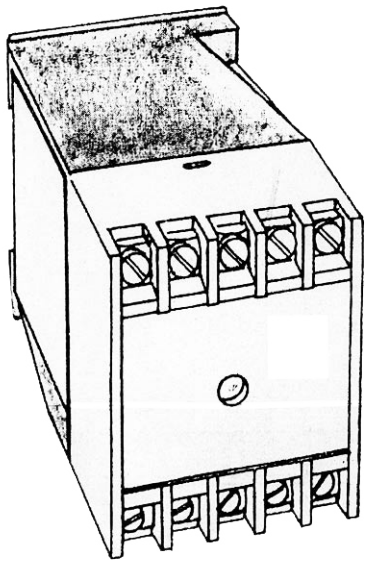
É uma peça que tem por finalidade proporcionar o ajuste ao tempo estabelecido.



9.3.5 – Corpo isolante

É a parte que aloja todos os componentes do relé de tempo. É feita de material isolante que ofereça alta resistência elétrica e mecânica, com possibilidade de fixação em painéis, por meio de parafusos e perfis(também conhecidos como perfilados ou trilhos).

9.3.6 – Bornes para conexões



São componentes destinados à interligação do relé com o circuito a ser controlado.

Nos relés de tempo bimetálico, eletromecânico e eletrônico os bornes são colocados nas extremidades dos contatos fixos e móveis. No caso dos relés de tempo pneumáticos, os bornes podem estar colocados como nos demais relés ou apenas nas extremidades dos contatos fixos.

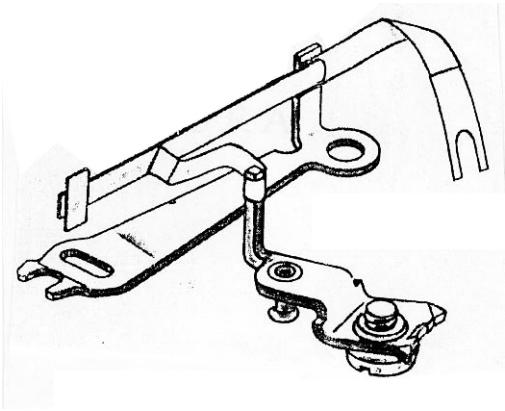
9.4 – Componentes específicos do relé de tempo bimetálico

Além dos componentes básicos, há componentes específicos dos relés de tempo, que variam de acordo com o tipo de relé.

O relé de tempo bimetálico possui os seguintes componentes específicos: lingüeta de acionamento; elementos bimetálicos e mecanismo de ajuste.

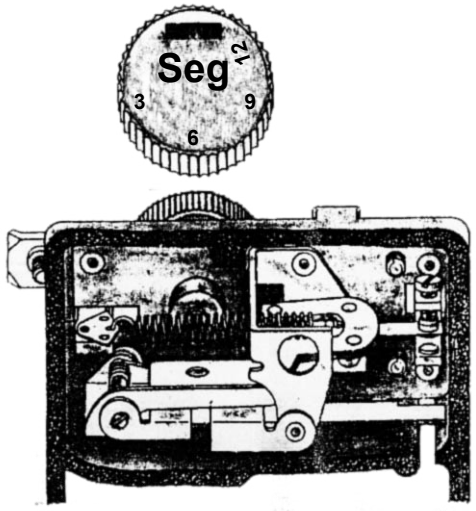
9.4.1 – Lingüeta de acionamento

É o elemento de ligação mecânica entre os elementos bimetálicos. É feita de fibra isolante e se posiciona no interior do relé, acionando o mecanismo dos contatos móveis.



9.4.2 – Elementos bimetálicos

São elementos feitos de metais diferentes e unidos entre si. Ao serem percorridos por uma corrente elétrica, produzem, através do efeito joule, uma dilatação e conseqüente deflexão, acionando o mecanismo dos contatos móveis do relé.

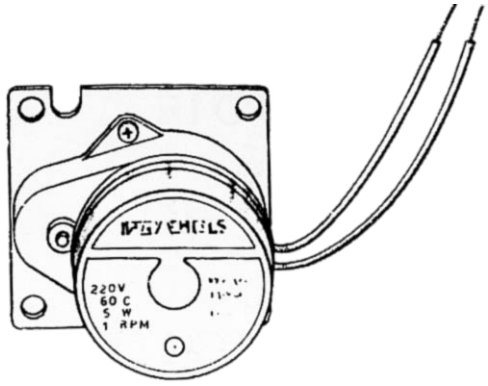


9.4.3 – Mecanismo de ajuste

É o elemento através do qual se faz o ajuste do relé de tempo bimetálico. Tal ajuste se faz através de um gatilho, no qual atuam as molas do mecanismo de acionamento, aumentando e diminuindo a pressão do mesmo. Isto exigirá dos elementos bimetálicos maior ou menor dilatação para o acionamento dos contatos móveis do relé de tempo.

9.5 – Componentes específicos do relé de tempo eletromecânico

Esse relé possui os seguintes componentes específicos: motor; mecanismo de ajuste de tempo; mecanismo de acionamento e microinterruptor.

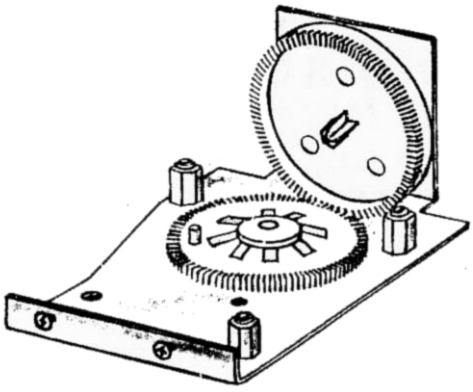


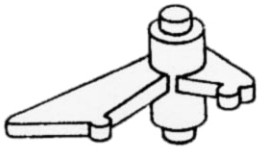
9.5.1 – Motor

Tem como função fazer girar as engrenagens que movimentam o acionador eletromecânico do relé, fazendo abrir e/ou fechar os contatos do microinterruptor.

9.5.2 – Mecanismo de ajuste de tempo

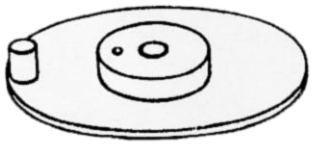
É composto de um conjunto de engrenagens que são diretamente acionadas pelo knob. Nesse conjunto existe um pino que tem por função posicionar os elementos acionadores do microinterruptor quanto ao tempo programado, através da escala graduada externamente.





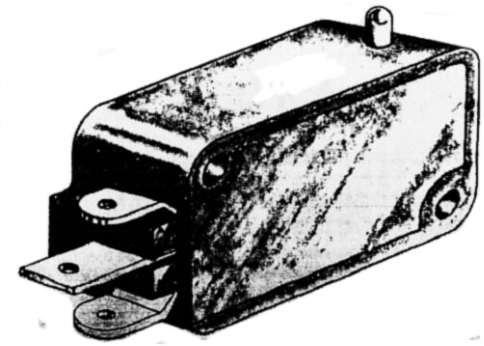
9.5.3 – Mecanismo de acionamento

É o eixo giratório onde estão montados os cames que irão acionar o microinterruptor.



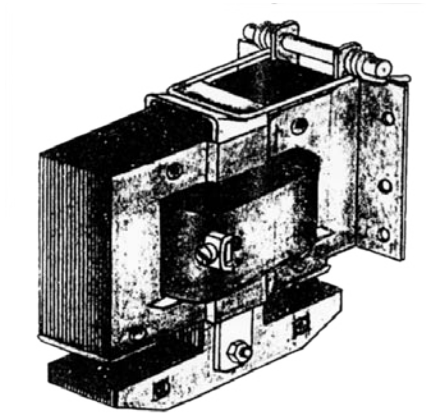
9.5.4 – Microinterruptor

É um interruptor elétrico momentâneo, com contatos NA e NF para circuitos de pequena potência. Apresenta dimensões externas reduzidas e sua ação rápida, no fechamento e abertura dos contatos, não depende da velocidade do mecanismo acionador.



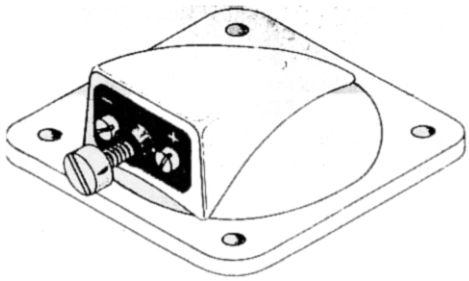
9.6 – Componentes específicos do relé de tempo pneumático

São os seguintes os componentes específicos desse relé: elemento de comando (bobina);mecanismo de ajuste de tempo; mecanismo de acionamento; diafragma e microinterruptor.



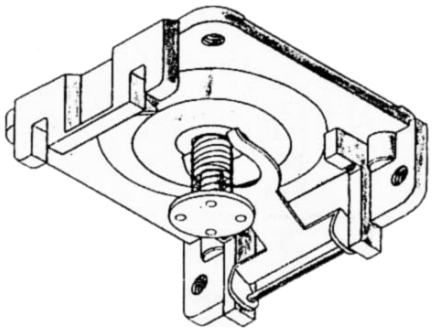
9.6.1 – Elemento de comando (bobina)

Sua função é a de criar um campo magnético, trabalhando em conjunto com o diafragma e fazendo com que os contatos se abram e/ou se fechem, possibilitando a continuidade do circuito.



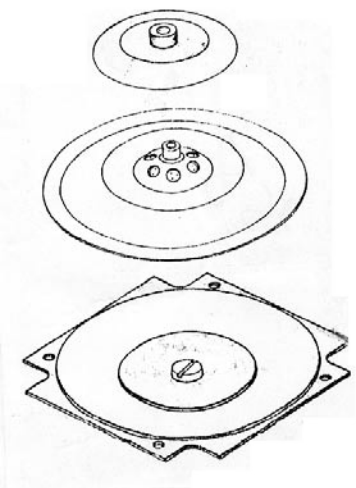
9.6.2 – Mecanismo de ajuste de tempo

É composto por um parafuso, ou por um disco, que regula o fluxo de entrada ou saída de ar para o diafragma, através de um orifício, o que irá determinar o tempo entre o comando e o acionamento do microinterruptor.



9.6.3 – Mecanismo de acionamento

É constituído por uma barra de material magnético, fixada ao diafragma. Quando a bobina é energizada, essa barra se movimenta, acionando eletromecanicamente o microinterruptor.

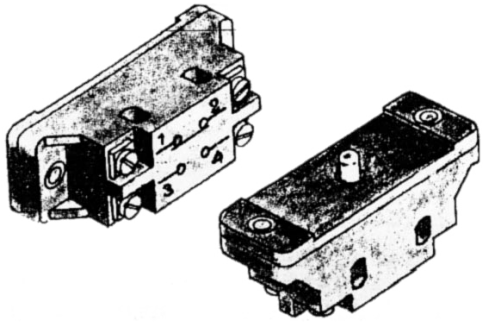


9.6.4 – Diafragma

É feito de borracha sintética. É o elemento responsável pela temporização na abertura e/ou fechamento de entrada de ar no diafragma, e irá determinar o retardamento no acionamento e/ou desligamento do microinterruptor.

9.6.5 – Microinterruptor

É um interruptor elétrico momentâneo, com contatos NA e NF, para circuitos de pequena potência. Apresenta dimensões externas reduzidas e sua ação rápida, no fechamento e abertura dos contatos, não depende da velocidade do mecanismo acionador.

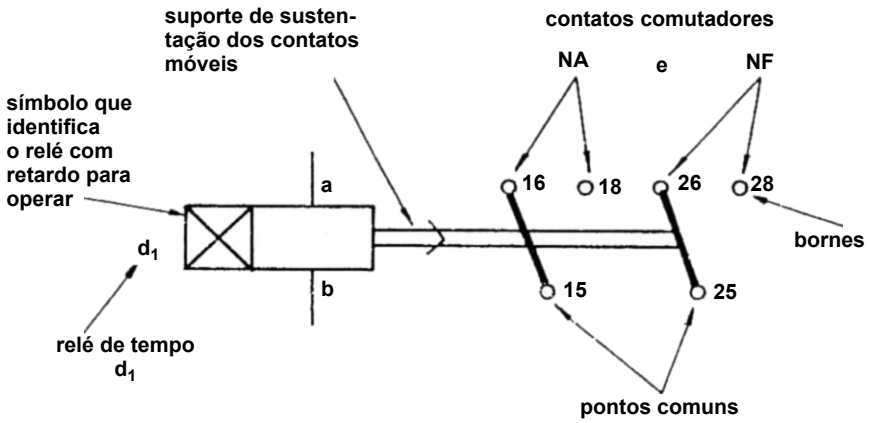


9.7 – Etapas de funcionamento através da simbologia

9.7.1 – Relés de tempo com retardo para operar

Já se viu que são utilizados números para a identificação dos bornes.

No caso dos relés de tempo com retardo para operar: o ponto 15 é comum aos contatos 16–18 e o ponto 25 é comum aos contatos 26–28, sendo que 15–16 e 25–26 são os contatos NF e 15–18 e 25–28 são os contatos NA, chamados de contatos de comutação (ou comutadores).



Importante

As normas determinam que a identificação numérica utilizada para os contatos auxiliares dos relés de tempo seja a mesma usada para os contatores tripolares e auxiliares. No entanto, nem todos os fabricantes assim o fazem.

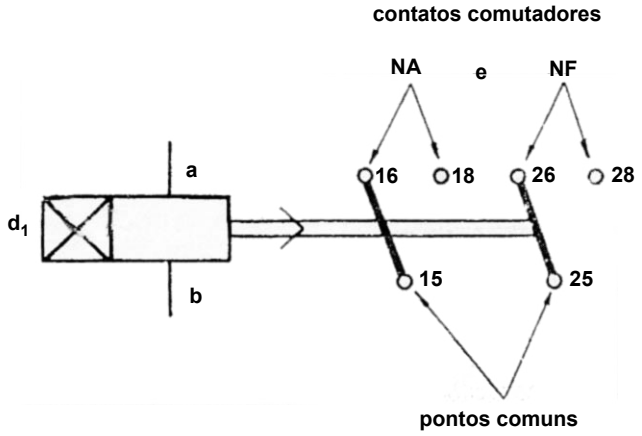
O relé de tempo com retardo para operar possui três etapas de funcionamento:

1ª etapa – Na posição desligado ou em repouso

2ª etapa – Na posição ligado ou em funcionamento

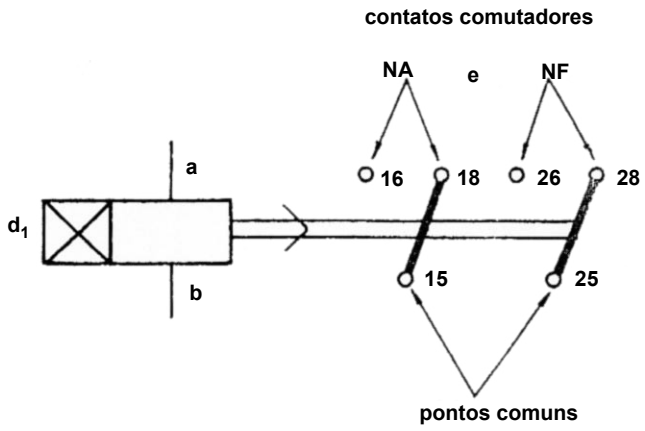
3ª etapa – No instante em que se desliga

Cada uma delas se desenvolve de um modo particular. Assim:



9.7.1.1 – 1ª etapa – relé de tempo com retardo para operar, na posição desligado ou em repouso

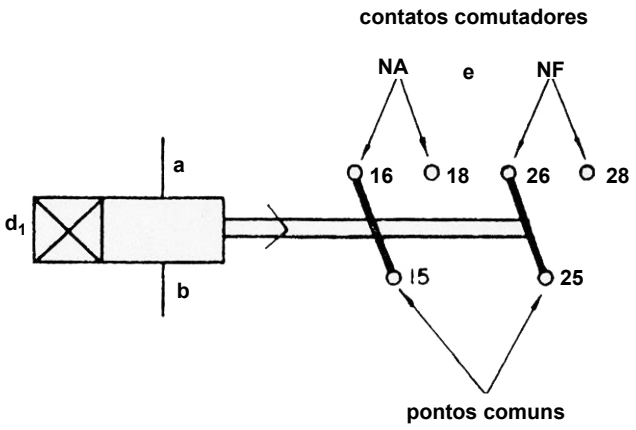
Nessa posição, o relé se apresenta com os contatos 15–16 e 25–26 fechados e com os contatos 15–18 e 25–28 abertos.



9.7.1.2 – 2ª etapa – relé de tempo com retardo para operar, na posição ligado ou em funcionamento

Quando energizado, esse relé terá seus contatos comutados. Tal comutação ocorrerá de acordo com a temporização que foi programada, passando os contatos 15–16 e 25–26 a ser abertos e os contatos 15–18 e 25–28 a ser fechados.

9.7.1.3 – 3ª etapa – relé de tempo com retardo para operar, no instante em que se desliga

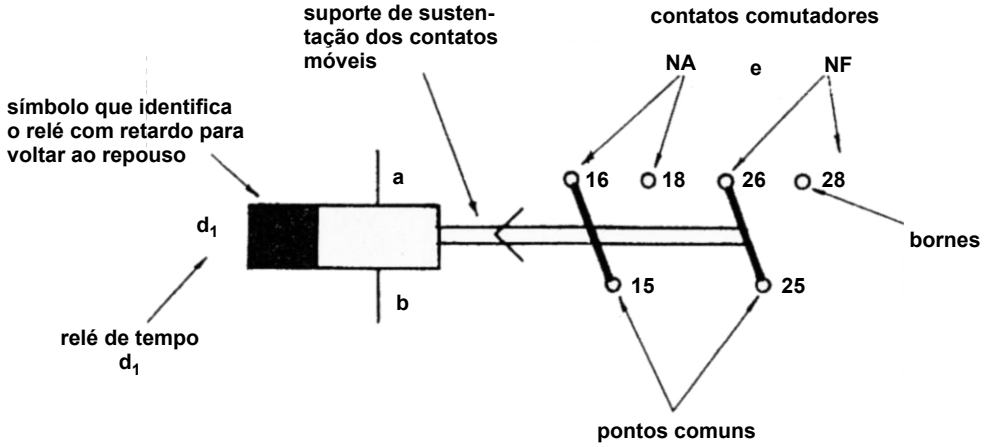


Ao desligarmos o dispositivo, o circuito de alimentação é interrompido e os contatos NA e NF retornam à posição inicial, como mostra a figura ao lado.

Temos então, novamente, os contatos 15–16 e 25–26 fechados e 15–18 e 25–28 abertos.

9.7.2 – Relés de tempo com retardo para voltar ao repouso

Os pontos 15 e 25 são comuns, respectivamente, aos contatos 16–18 e 26–28, sendo que 15–16 e 25–26 são os contatos NF e 15–18 e 25–28 são os contatos NA, chamados de contatos de comutação (ou comutadores).



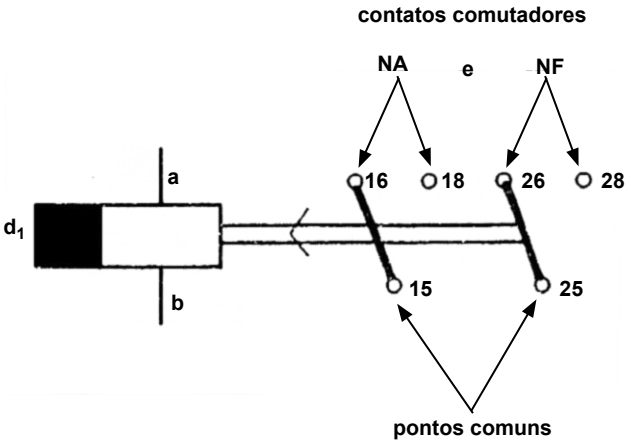
São três as etapas de funcionamento do relé de tempo com retardo para voltar ao repouso:

1ª etapa – na posição desligado ou em repouso

2ª etapa – na posição ligado ou em funcionamento

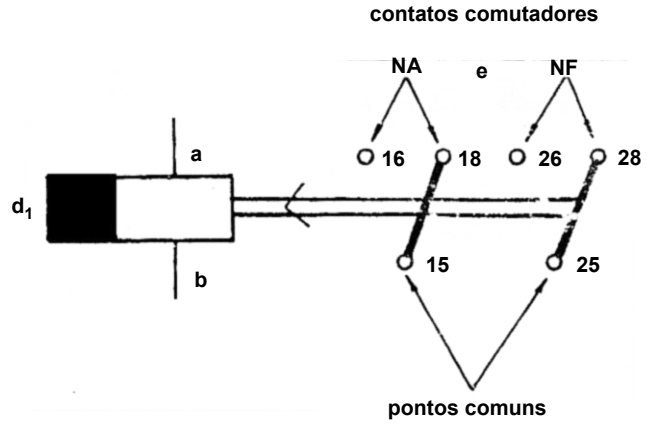
3ª etapa – no instante em que se desliga

Vamos explicar cada uma delas.



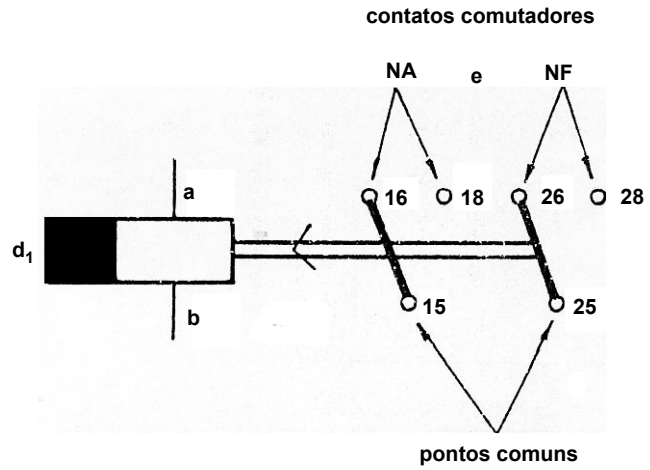
9.7.2.1 – 1ª etapa – na posição desligado ou em repouso

O relé se apresenta com os contatos 15–16 e 25–26 fechados e com os contatos 15–18 e 25–28 abertos.



9.7.2.2 – 2ª etapa – na posição ligado ou em funcionamento

Quando energizado, este relé terá seus contatos comutados instantaneamente, passando os contatos 15–16 e 25–26 a ser abertos e os contatos 15–18 e 25–28 a ser fechados.



9.7.2.3 – 3ª etapa – no instante em que se desliga

Ao se desligar o relé de tempo com retardo para voltar ao repouso, seus contatos comutadores voltarão à posição inicial, de acordo com a temporização que foi programada, passando os contatos 15–16 e 25–26 a ser fechados e os contatos 15–18 e 25–28 a ser abertos.

9.7.3.– Diagramas de circuito elétrico de comando e principal

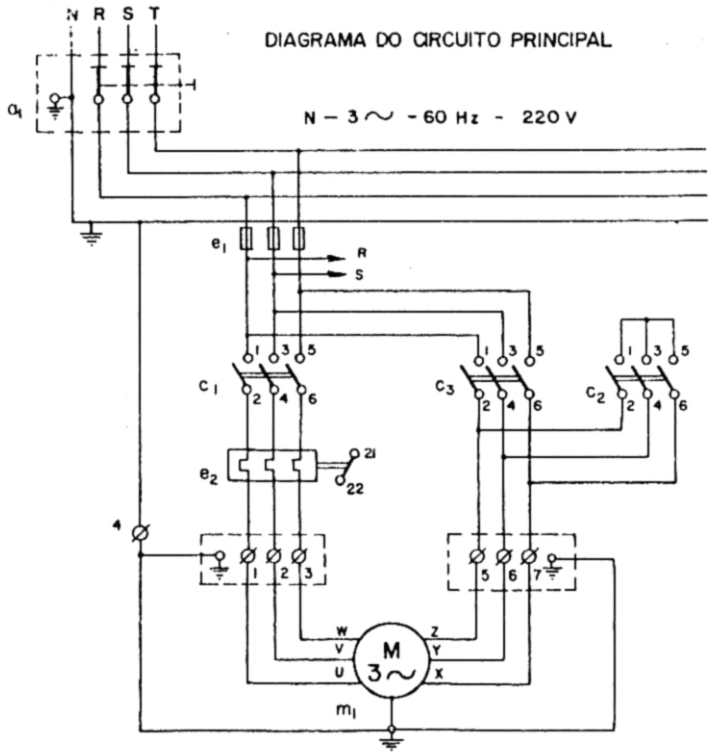
Uma vez estudadas as três etapas de funcionamento do relé de tempo com retardo para operar e do relé com retardo para voltar ao repouso, vamos observar o mesmo funcionamento, através dos diagramas de circuito elétrico de comando e principal.

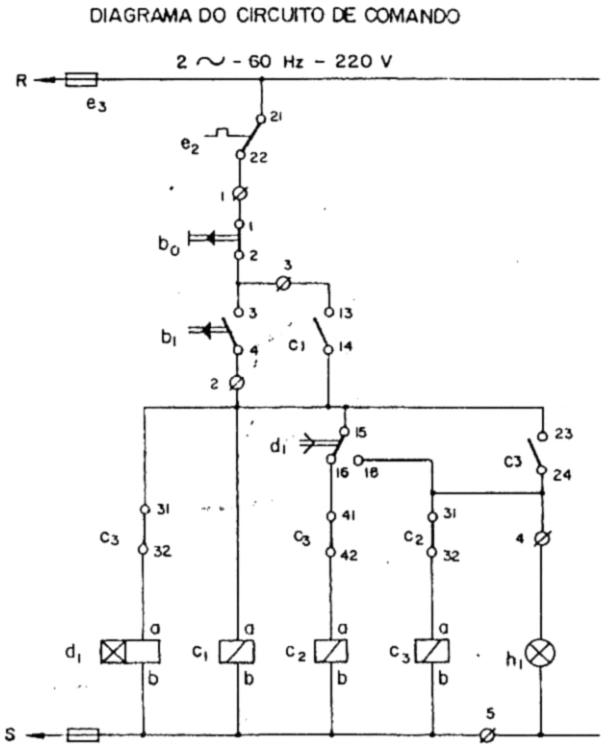
Sendo o relé de tempo um dispositivo auxiliar, ele só aparecerá no diagrama de comando. Entretanto, será também apresentado o diagrama principal, para que se tenha uma visão do funcionamento como um todo.

9.7.3.1 – Funcionamento do relé de tempo com retardo para operar

➢ ACIONAMENTO DA CHAVE SECCIONADORA DO RAMAL TRIFÁSICO

Estando a rede energizada com as fases R-S-T e a chave seccionadora ligada (fechada) no ramal trifásico, podemos observar que os bornes de entrada 1-3-5 dos contatores c_1 e c_3 estarão submetidos à tensão, como também o borne 3 do botão b_1 e 13 do contato auxiliar do contator c_1. O motor m_1 continua parado porque o botão b_1, responsável pela ligação do circuito, não foi acionado (veja o diagrama de comando). Em conseqüência disto, não há continuidade entre a rede de alimentação e o motor, no circuito principal, e entre a rede de alimentação e as bobinas, no circuito de comando.





➢ ACIONAMENTO DO BOTÃO b1 PARA O ARRANQUE

Acionando-se o botão b_1 (ver diagrama de comando que se segue), que tem seu borne 3 submetido à tensão, ocorre a um só tempo:

– a energização da bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ do contator principal c_1, que ficará retida através de seu contato auxiliar $c_1 \begin{matrix} 13 \\ 14 \end{matrix}$;

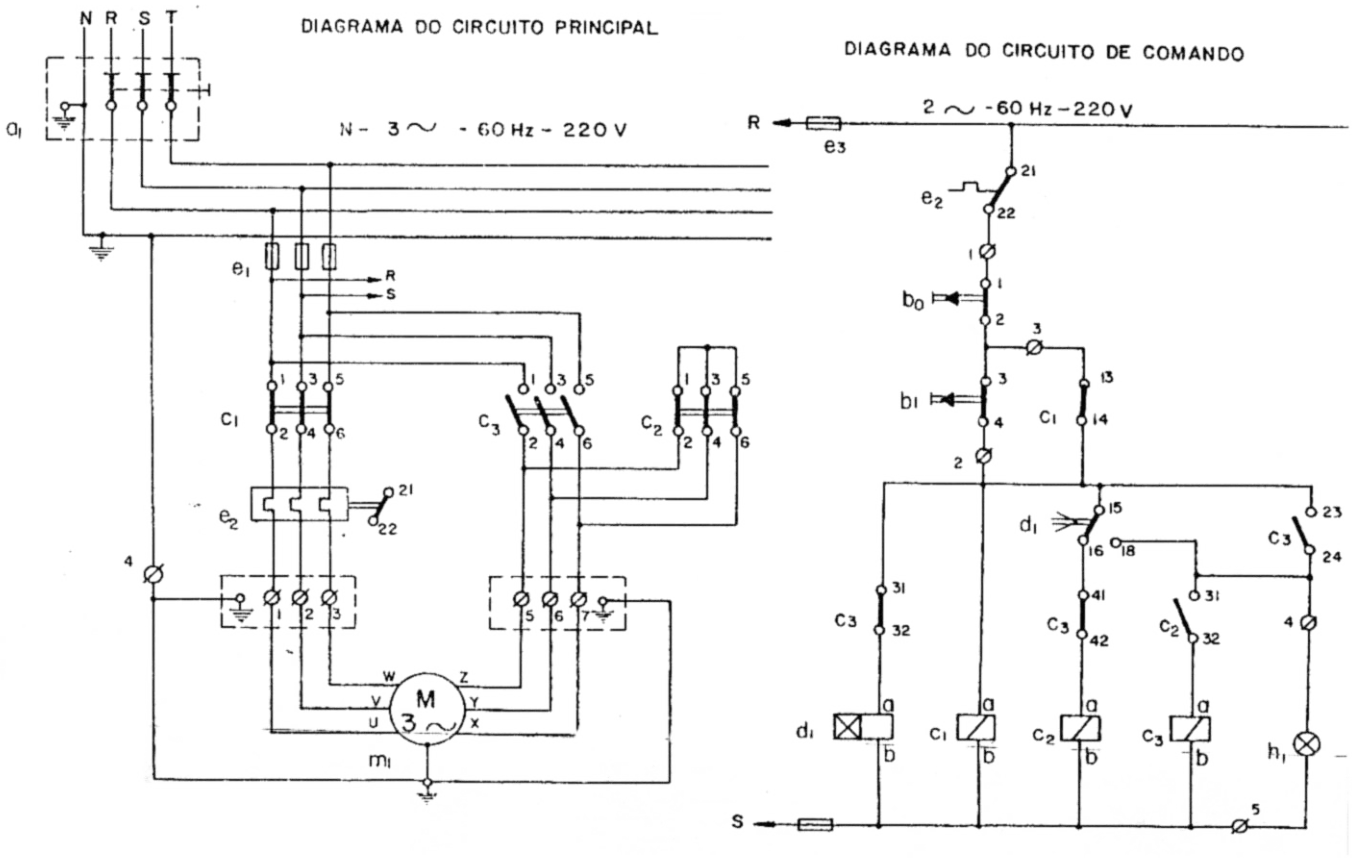
– a energização do relé de tempo com retardo para operar $d_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$, através do contato $c_3 \begin{matrix} 31 \\ 32 \end{matrix}$ do contator tripolar c_3 ;

– a energização da bobina $c_2 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$, através dos contatos $d_1 \begin{matrix} 15 \\ 16 \end{matrix}$ do relé de tempo e $c_3 \begin{matrix} 41 \\ 42 \end{matrix}$ do contator tripolar c_3 ;

– o relé de tempo d_1 inicia a contagem do tempo programado.

– o fechamento dos contatos principais $c_1 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$ e $c_2 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$ ocorrendo o arranque do motor trifásico com rotor em curto-circuito m_1 ;

– o contato de intertravamento $c_2\,^{31}_{32}$ se abre, evitando assim que a bobina $c_3\,^{a}_{b}$ se energize ao mesmo tempo que $c_2\,^{a}_{b}$.

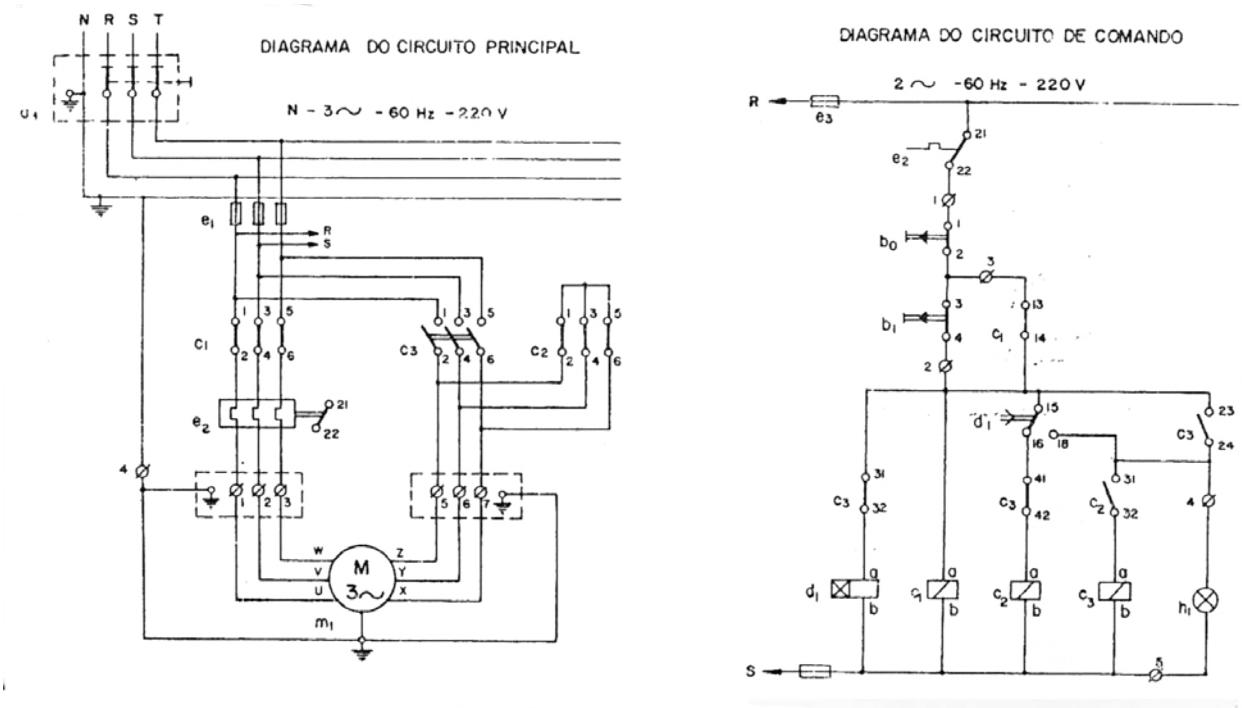


➢ MOTOR EM FUNCIONAMENTO COM BOTÃO b1 SOLTO

Apesar de o operador ter soltado o botão b_1, observa-se no circuito de comando que, em virtude do contato auxiliar $c_1\,^{13}_{14}$ do contator c_1 estar em paralelo com o botão b_1, este contato faz a retenção de sua própria bobina $c_1\,^{a}_{b}$ e, conseqüentemente, de seus contatos principais $c_1\,^{1\text{-}3\text{-}5}_{2\text{-}4\text{-}6}$ (veja no diagrama do circuito principal), mantendo também energizados:

– o relé de tempo $d_1\,^{a}_{b}$, através do contato auxiliar $c_3\,^{31}_{32}$ do contator c_3;

– a bobina $c_2\,{}^{a}_{b}$, através de contato do relé de tempo $d_1\,{}^{15}_{16}$ e do contator auxiliar $c_3\,{}^{41}_{42}$ do contator c_3.



➢ APÓS A TEMPORIZAÇÃO PROGRAMADA (que se iniciou quando do acionamento do botão b1)

– o relé de tempo d_1 comutará seus contatos:

– o contato 15-16, anteriormente fechado, se abre e o contato 15-18, anteriormente aberto, se fecha;

– a abertura do contato $d_1\,{}^{15}_{16}$ irá causar o desligamento da bobina $c_2\,{}^{a}_{b}$ e ainda:

– o contato de intertravamento $c_2\,{}^{31}_{32}$ se fecha novamente (veja no circuito de comando)

– os contatos principais do contator $c_2\,{}^{1\text{-}3\text{-}5}_{2\text{-}4\text{-}6}$ se abrem (veja no circuito principal);

– o fechamento do contato $d_1\,{}^{15}_{18}$ causa, através do contato $c_2\,{}^{31}_{32}$, a energização da bobina $c_3\,{}^{a}_{b}$.

– a energização da bobina $c_3\,{}^{a}_{b}$ causa a abertura do contato de intertravamento $c_3\,{}^{41}_{42}$ e do contato $c_3\,{}^{31}_{32}$, que desliga o relé e também faz fechar o contato $c_3\,{}^{23}_{24}$ de retenção da bobina $c_3\,{}^{a}_{b}$.

A abertura do contato de intertravamento $c_3\,^{41}_{42}$ evita que a bobina se energize ao mesmo tempo que $c_3\,^{a}_{b}$.

A energização da bobina $c_3\,^{a}_{b}$ causa o acionamento dos contatos principais $c_3\,^{1\text{-}3\text{-}5}_{2\text{-}4\text{-}6}$. (Veja no diagrama do circuito principal).

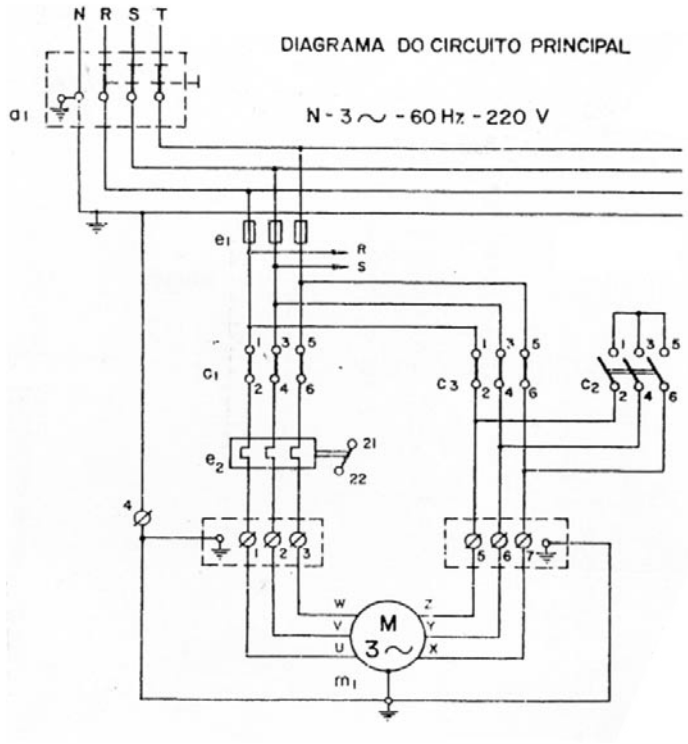
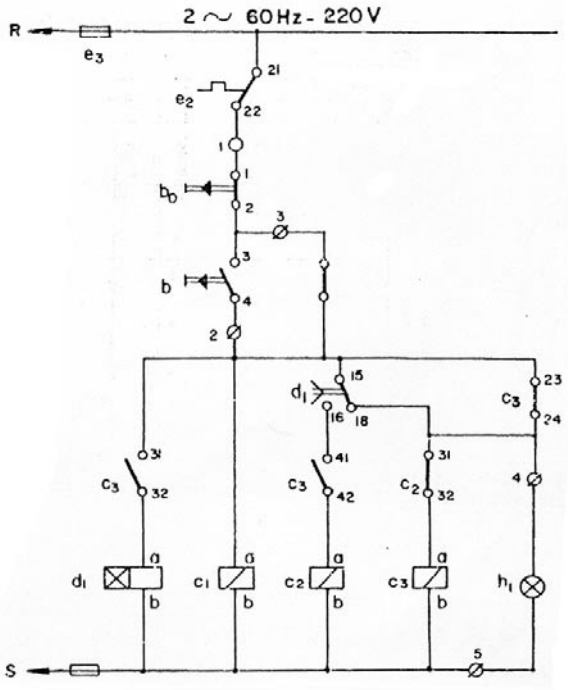


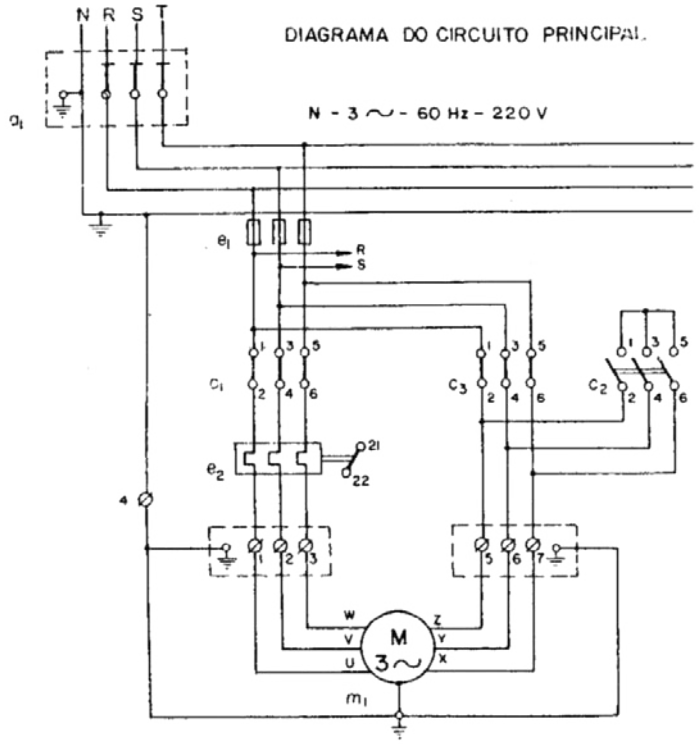
DIAGRAMA DO CIRCUITO DE COMANDO

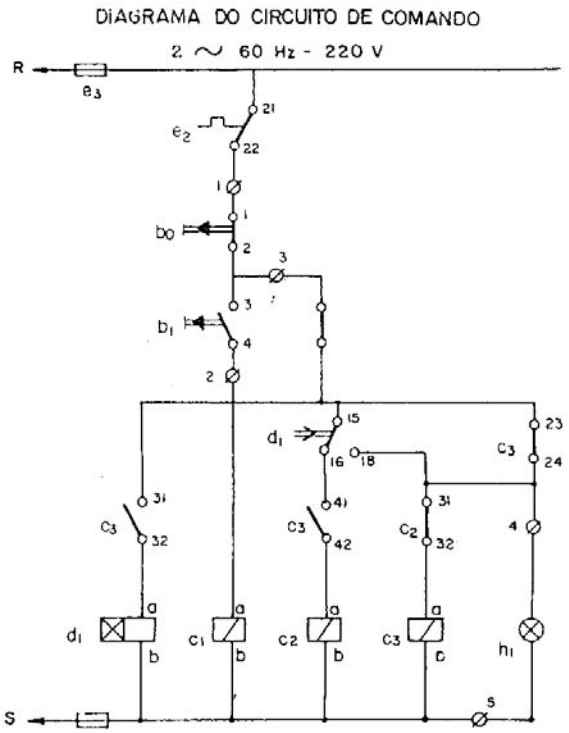


➢ MOTOR EM FUNCIONAMENTO NORMAL

Estando o motor m_1 em funcionamento normal, conforme diagrama abaixo, verificamos que existe proteção contra curto-circuito: os fusíveis e_1. Existe também proteção contra sobrecarga: os elementos bimetálicos do relé bimetálico e o contato auxiliar deste mesmo relé $e_2\begin{matrix}21\\22\end{matrix}$, colocado no circuito de comando.

Garante-se, assim, o funcionamento da máquina com segurança.

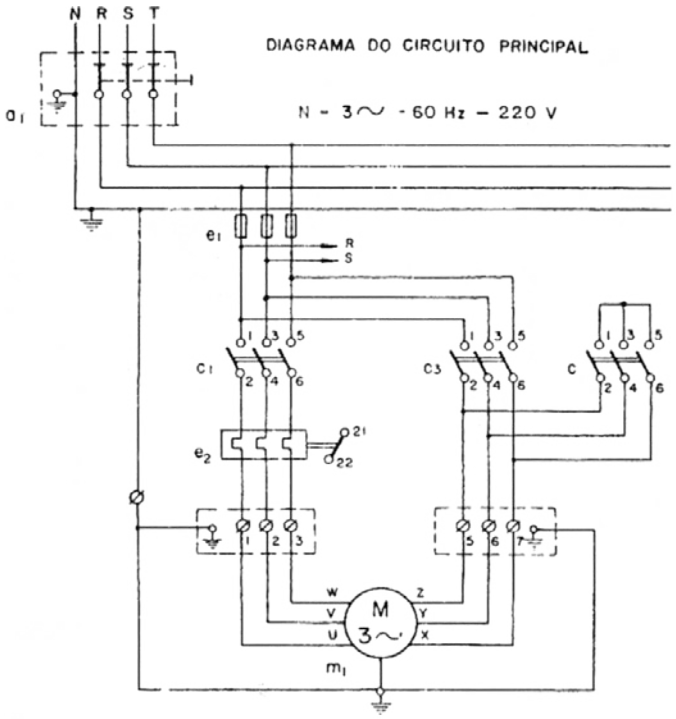


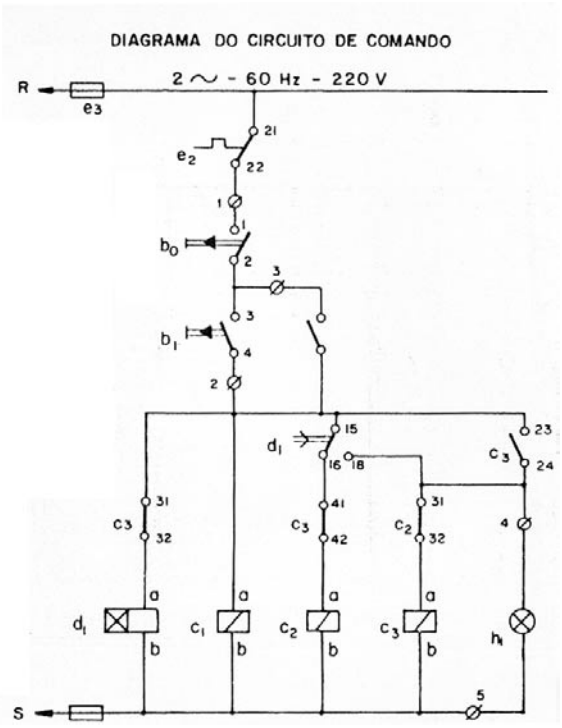


➢ ACIONAMENTO DO BOTÃO b0 PARA O DESLIGAMENTO

Para que seja desligado o motor m_1, o operador aciona o botão b_0, interrompendo assim a alimentação das bobinas $c_1\,{}^{a}_{b}$ e $c_3\,{}^{a}_{b}$ do circuito de comando, que entram em estado de repouso.

Nesse instante, as molas interruptoras dos contatores c_1 e c_2 obrigam os contatos a retornarem à posição de repouso, fazendo com que estes se abram, o que irá causar a interrupção da alimentação do motor m_1, deixando os contatores c_1 e c_3 em posição de novo acionamento.

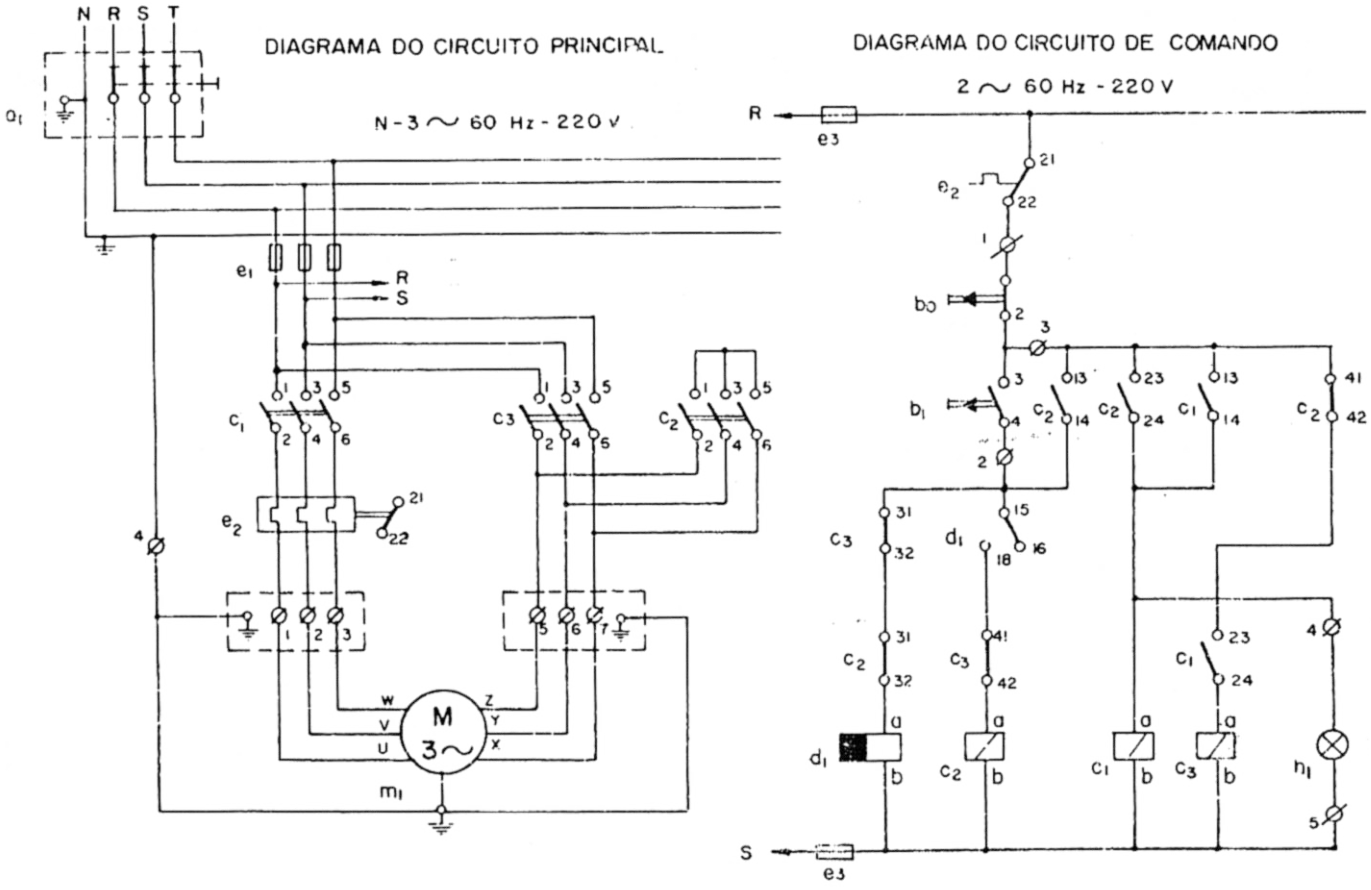




9.7.3.2 – Funcionamento do relé de tempo com retardo para voltar ao repouso

➢ ACIONAMENTO DA CHAVE SECCIONADORA DO RAMAL TRIFÁSICO

Estando a rede energizada com as fases R-S-T e a chave seccionadora ligada (fechada) no ramal trifásico, podemos observar que os bornes de entrada 1-3-5 dos contatores c_1 e c_3 estarão submetidos à tensão, como também os bornes 3 do botão b_1 e 13-23 e 41 dos contatos auxiliares do contator c_2, bem como o borne 13 do contato auxiliar do contator c_1. O motor m_1 continua parado, porque o botão b_1, responsável pela ligação do circuito, não foi acionado (veja no diagrama do circuito de comando abaixo). Como conseqüência, não há continuidade entre a rede de alimentação e o motor, no circuito principal (veja diagrama do circuito principal, abaixo) e entre a rede de alimentação e as bobinas, no circuito de comando.



➢ ACIONAMENTO DO BOTÃO b1 PARA O ARRANQUE

Acionando-se o botão b_1 (ver diagrama de comando), que tem seu borne 3 submetido à tensão, ocorre, a um só tempo:

– a energização do relé de tempo com retardo para voltar ao repouso $d_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ através do contato auxiliar $c_3 \begin{matrix} 31 \\ 32 \end{matrix}$ do contator c_3 e do contato auxiliar $c_2 \begin{matrix} 31 \\ 32 \end{matrix}$ do contator c_2:

– a comutação do contato $d_1 \begin{matrix} 15 \\ 18 \end{matrix}$ do relé de tempo, que se fecha, abrindo, conseqüentemente o contato $d_1 \begin{matrix} 15 \\ 16 \end{matrix}$ normalmente fechado com o relé em repouso;

– a energização da bobina $c_2 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$, através dos contatos $d_1 \begin{matrix} 15 \\ 18 \end{matrix}$ do relé de tempo e $c_3 \begin{matrix} 41 \\ 42 \end{matrix}$ do contator c_3.

A energização da bobina $c_2 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ provoca:

– o fechamento dos contatos principais $c_2 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$;

– o fechamento dos contatos auxiliares $c_2 \begin{matrix} 13 \\ 14 \end{matrix}$ e $c_2 \begin{matrix} 23 \\ 24 \end{matrix}$;

– a abertura dos contatos auxiliares $c_2 \begin{matrix} 31 \\ 32 \end{matrix}$ e $c_2 \begin{matrix} 23 \\ 24 \end{matrix}$ (contatos de intertravamento).

Com a abertura do contato $c_2 \begin{matrix} 31 \\ 32 \end{matrix}$ é iniciada a contagem do tempo programado;

– a energização da bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ mediante o fechamento do contato auxiliar $c_2 \begin{matrix} 23 \\ 24 \end{matrix}$.

A energização da bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ provoca:

– o fechamento dos contatos principais $c_1 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$;

– fechamento dos contatos auxiliares $c_1 \begin{matrix} 13 \\ 14 \end{matrix}$ e $c_1 \begin{matrix} 23 \\ 24 \end{matrix}$.

nota

Para os contatos do relé de tempo d_1 com retardo voltarem ao repouso, é necessário o fechamento instântaneo desses contatos que não precisarão que seu elemento de comando esteja energizado.

Basta para isso que este elemento de comando receba alimentação inicial e seja desligado. Daí em diante, os contatos que se haviam fechado voltarão ao repouso dentro do tempo limitado para isto.

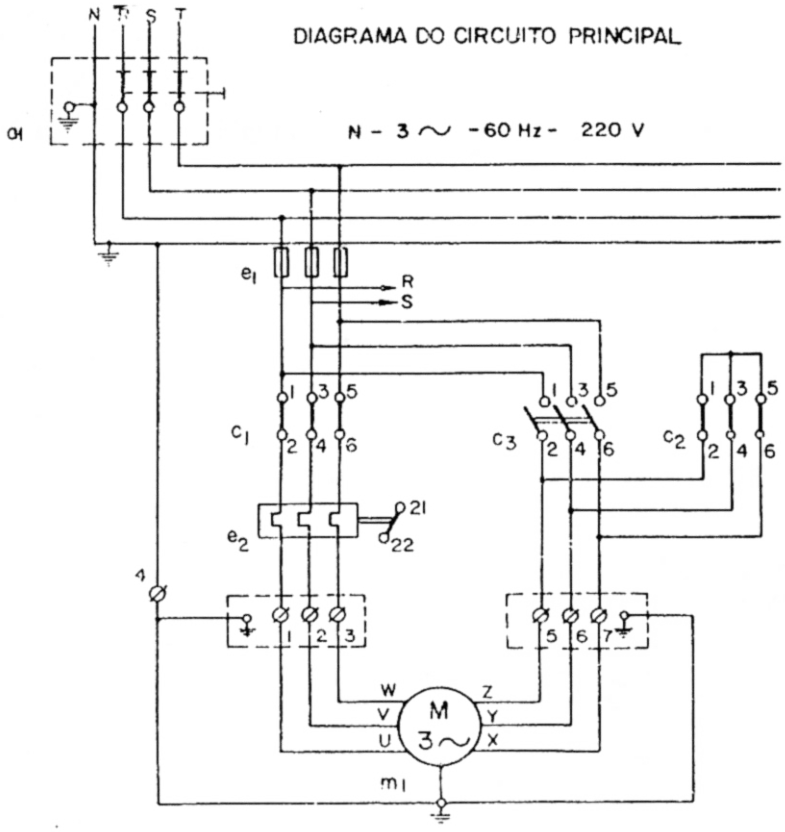
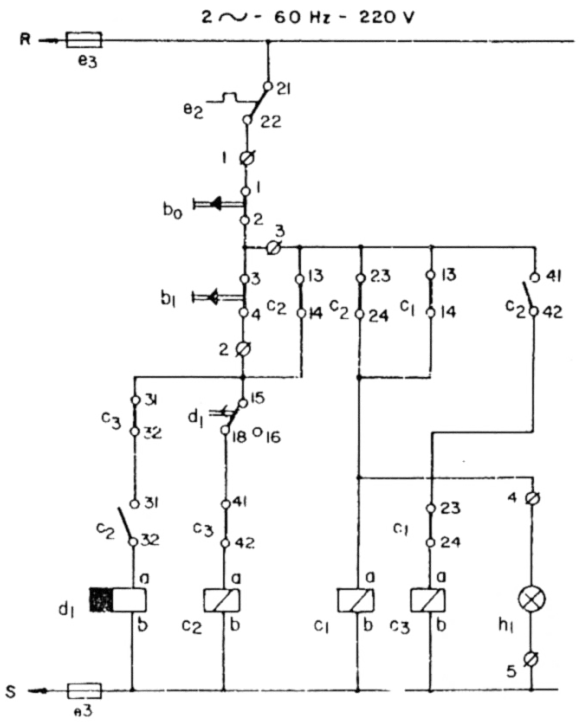


DIAGRAMA DO CIRCUITO DE COMANDO



- MOTOR EM FUNCIONAMENTO COM BOTÃO b1 SOLTO

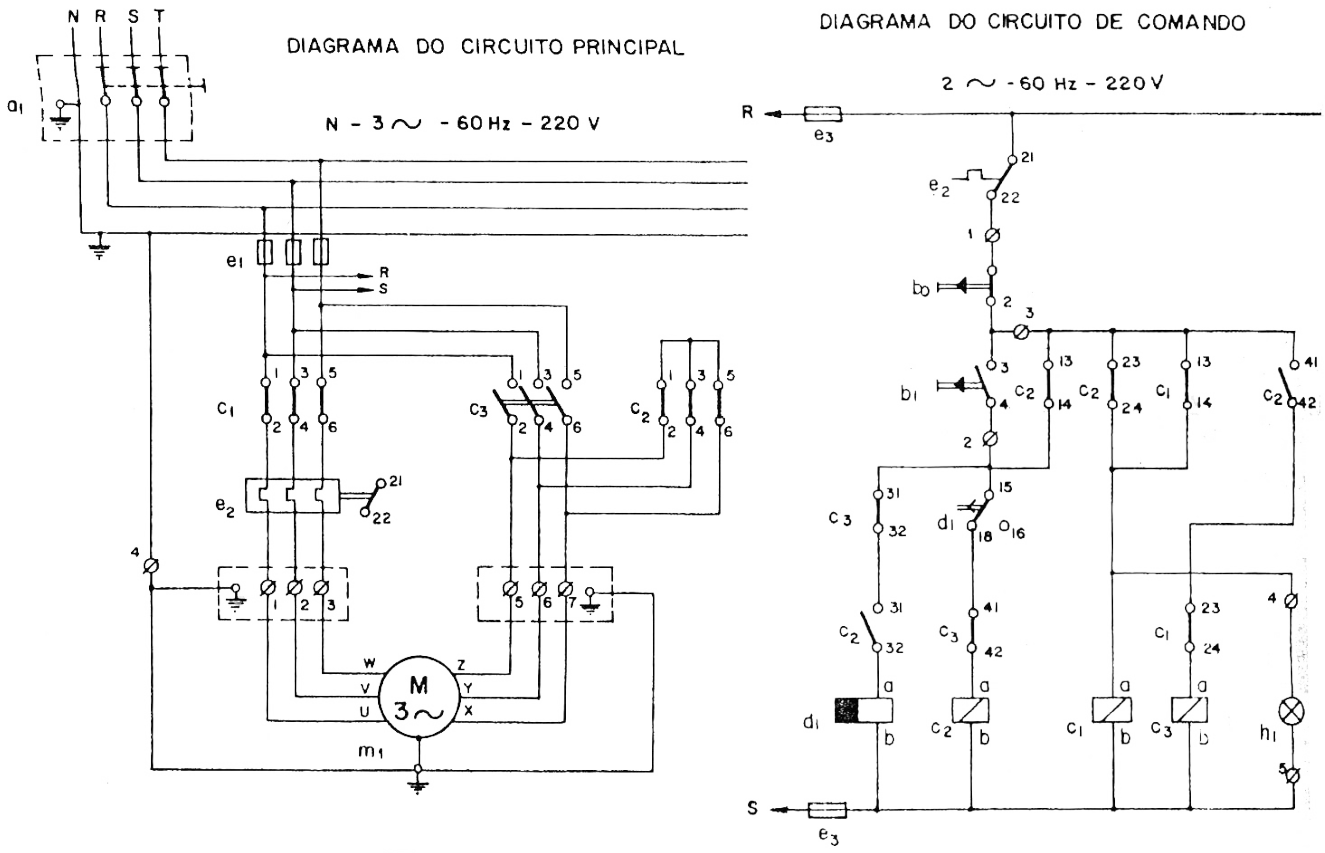
Apesar de o operador ter soltado o botão b_1, a bobina $c_2 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$ permanece energizada, através de seu contato de retenção $c_2 \begin{smallmatrix} 13 \\ 14 \end{smallmatrix}$, que está em paralelo com o botão b_1 (veja o diagrama do circuito de comando).

Permanecendo energizada a bobina $c_2 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$, continuará aberto o contato auxiliar $c_2 \begin{smallmatrix} 31 \\ 32 \end{smallmatrix}$, que está em série com o circuito de alimentação do relé de tempo e o contato de intertravamento $c_2 \begin{smallmatrix} 41 \\ 42 \end{smallmatrix}$. Também se manterão fechados os contatos principais $c_2 \begin{smallmatrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{smallmatrix}$.

O contato auxiliar $c_2 \begin{smallmatrix} 23 \\ 24 \end{smallmatrix}$ do contator c_2, que também está em paralelo com o botão b_1, permanece fechado, mantendo energizada a bobina $c_1 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$. A bobina $c_1 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$ tem o contato auxiliar $c_1 \begin{smallmatrix} 13 \\ 14 \end{smallmatrix}$ também em paralelo com o botão b_1: tal

contato manterá sua própria bobina $c_1 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$ retida, quando da abertura do contato auxiliar $c_2 \begin{smallmatrix} 23 \\ 24 \end{smallmatrix}$.

A bobina $c_1 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$ também manterá fechado o contato $c_1 \begin{smallmatrix} 23 \\ 24 \end{smallmatrix}$, que está em série com o circuito de alimentação da bobina $c_3 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$, bem como seus contatos principais $c_1 \begin{smallmatrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{smallmatrix}$.



➢ APÓS A TEMPORIZAÇÃO PROGRAMADA (que se iniciou com a abertura do contato auxiliar $c_2 \begin{smallmatrix} 31 \\ 32 \end{smallmatrix}$, quando da energização da bobina $c_2 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$)

O relé de tempo d_1 comutará seus contatos, logo após voltar ao repouso: o contato $d_1 \begin{smallmatrix} 15 \\ 16 \end{smallmatrix}$, anteriormente aberto, se fecha.

A abertura do contato $d_1 \begin{smallmatrix} 15 \\ 18 \end{smallmatrix}$ causa o desligamento da bobina $c_2 \begin{smallmatrix} a \\ b \end{smallmatrix}$.

O desligamento da bobina $c_2\,{}^{a}_{b}$ causa:

– a abertura de seus contatos auxiliares $c_2\,{}^{13}_{14}$ e $c_2\,{}^{23}_{24}$.

– o fechamento de seus contatos auxiliares $c_2\,{}^{31}_{32}$ e $c_2\,{}^{41}_{42}$ (contatos de intertravamento).

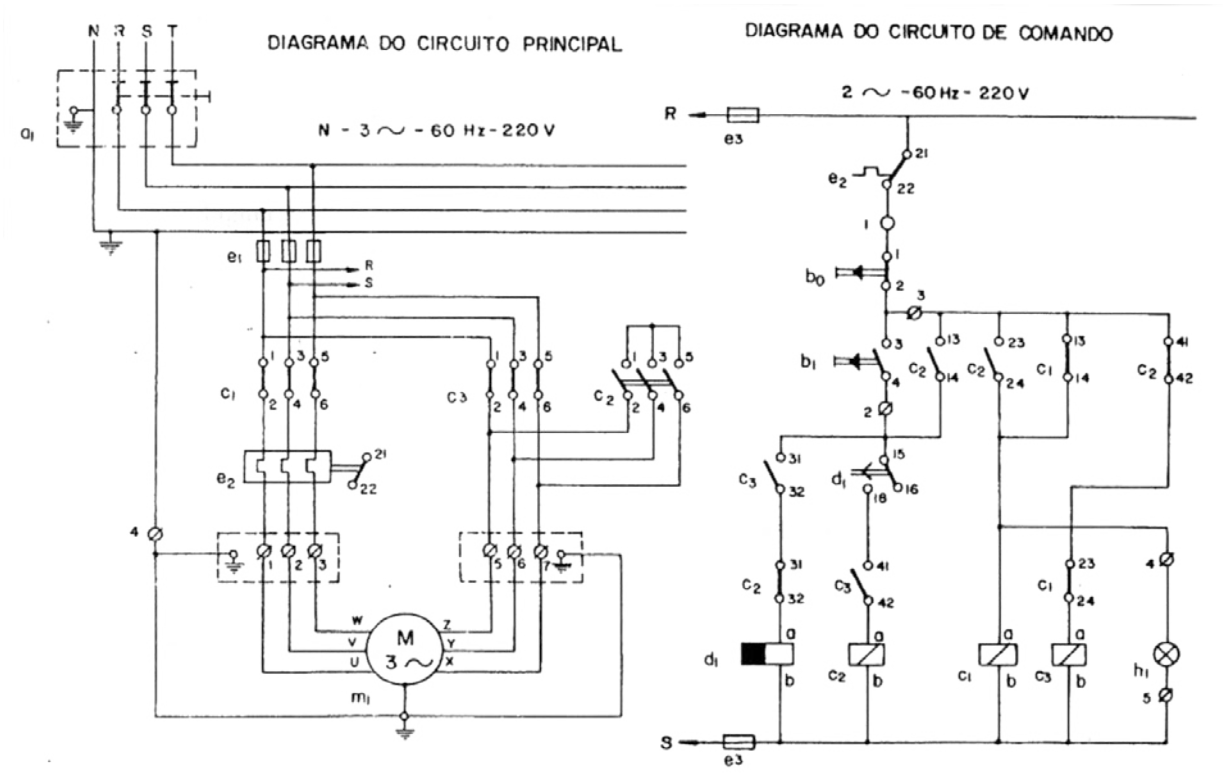
O fechamento do contato $c_2\,{}^{41}_{42}$ causa, através do contato $c_1\,{}^{23}_{24}$, a energização da bobina $c_3\,{}^{a}_{b}$.

A energização da bobina $c_3\,{}^{a}_{b}$ causa:

– a abertura do contato auxiliar $c_3\,{}^{31}_{32}$, que tem a função de não permitir uma nova energização do relé de tempo d_1, caso ocorra um acionamento indevido do botão b_1.

– a abertura do contato $c_3\,{}^{41}_{42}$ de intertravamento.

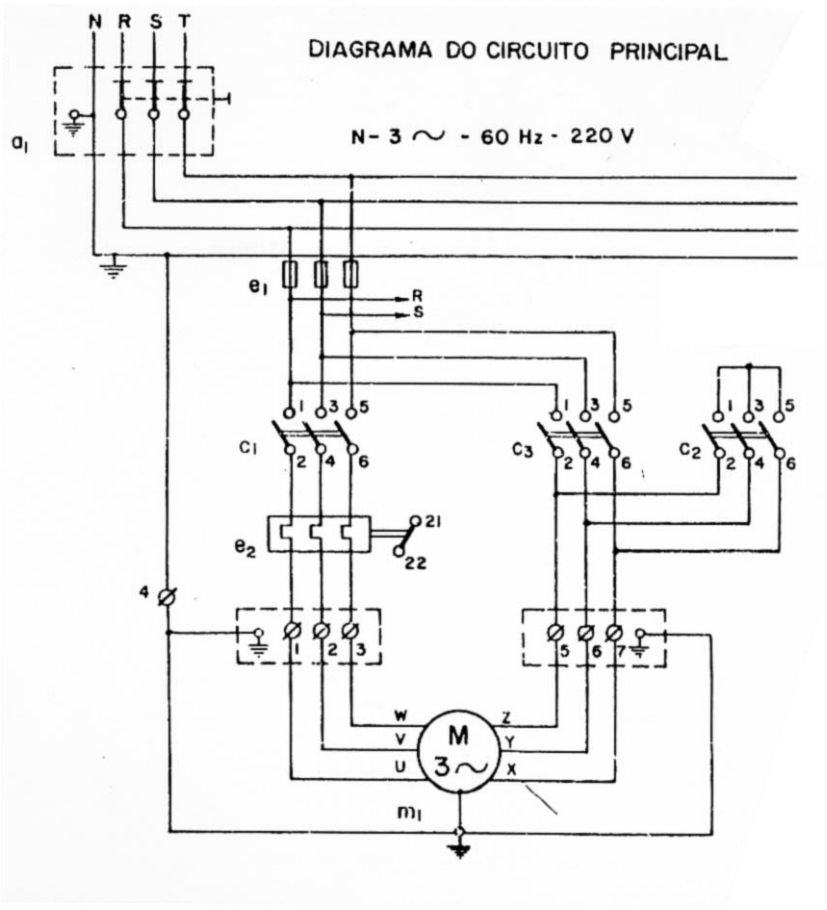
– o acionamento de seus contatos principais $c_3\,{}^{1\text{-}3\text{-}5}_{2\text{-}4\text{-}6}$.

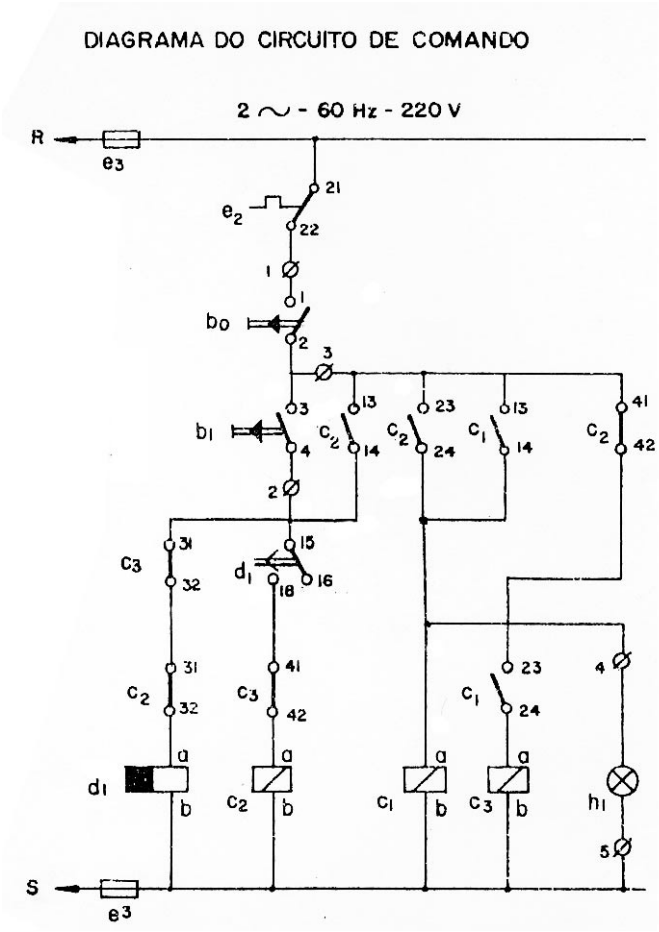


➢ ACIONAMENTO DO BOTÃO b0 PARA O DESLIGAMENTO

Para que seja desligado o motor m_1, o operador aciona o botão b_0, interrompendo a alimentação das bobinas c_1 $^{a}_{b}$ e c_3 $^{a}_{b}$ do circuito de comando, que entram em estado de repouso.

Nesse instante, as molas interruptoras dos contatores c_1 e c_3 obrigam os contatos a retornarem à posição de repouso, fazendo com que estes se abram, o que irá causar a interrupção da alimentação do motor m_1, deixando os contatores c_1 e c_3 em posição de novo acionamento.

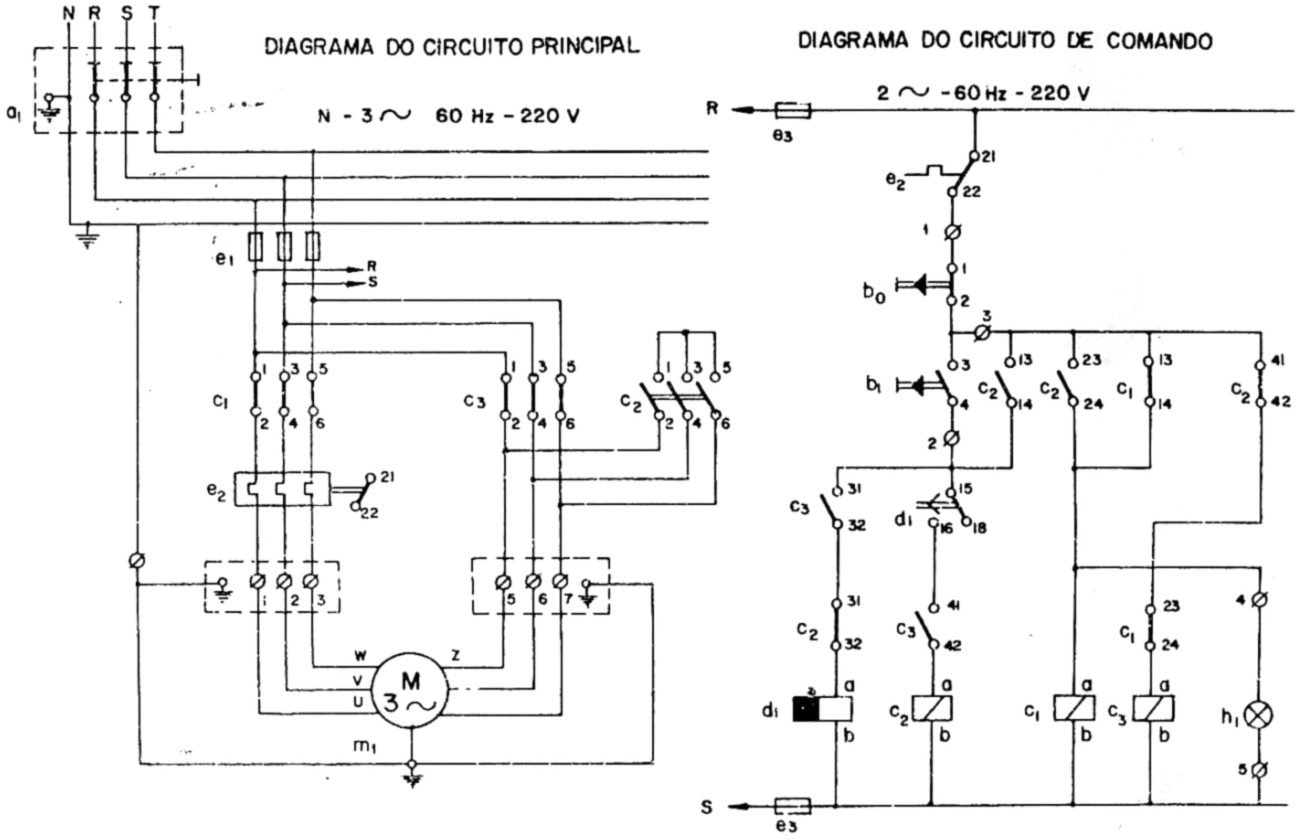




➢ MOTOR EM FUNCIONAMENTO NORMAL

Estando o motor m_1 em funcionamento normal, conforme diagrama a seguir, verificamos que existe proteção contra curto-circuito: os fusíveis e_1. Existe também proteção contra sobrecarga: os elementos bimetálicos do relé

bimetálico e o contato auxiliar deste mesmo relé $e_2\,^{21}_{22}$, colocado no circuito de comando. Garante-se, assim, o funcionamento do motor da máquina com segurança.



10 Chave Magnética

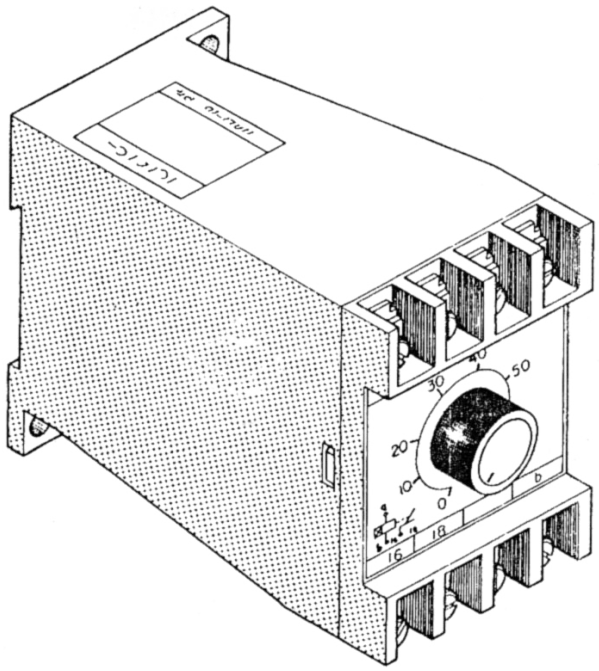
10 – Chave magnética

Neste capítulo serão estudadas a montagem e instalação de chave magnética com reversão para comando de motor trifásico de rotor bobinado com aceleração rotórica.

10.1 – Componentes

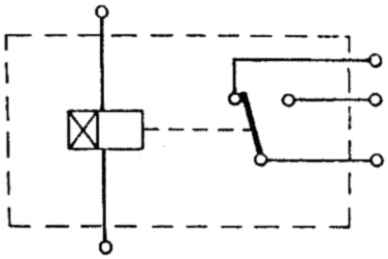
10.1.1 – Temporizadores eletrônicos

São modelos de relés de tempo, utilizados no circuito de comando de chaves magnéticas, não só para manter por um determinado tempo o circuito de força, operado nos diversos estágios do regime de partida mas para, uma vez vencido o tempo programado, passar, automaticamente, o circuito de força para o regime de trabalho.



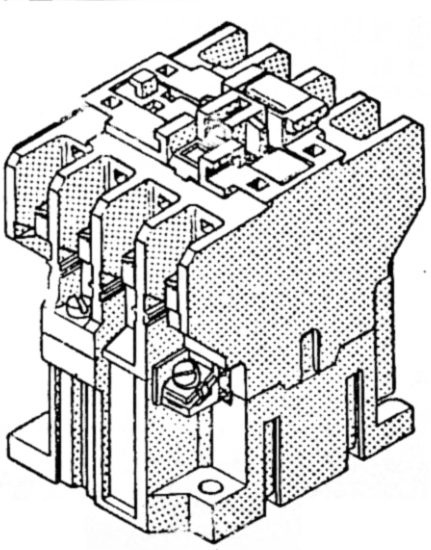
Os temporizadores eletrônicos são constituídos de uma caixa que contém, internamente, um circuito eletrônico (circuito de retardo) que atua sobre um pequeno relé magnético. Externamente possuem um botão seletor, acoplado ao potenciômetro de ajuste do tempo de retardo.

O botão seletor pode ser girado sobre uma escala numerada que representa o tempo em segundos. Quando estes temporizadores forem energizados, o circuito eletrônico entra em operação e, uma vez vencido o tempo ajustado no botão seletor, os contatos do relé magnético são operados.



O jogo de contatos é normalmente do tipo comutador que, simultaneamente, fecha um contato e abre outro (NA + NF).

Esses são contatos para baixa intensidade de corrente (em média 5A). Quando a carga a ser comandada for superior à especificada no temporizador, deve-se inserir um contator auxiliar no circuito de comando.

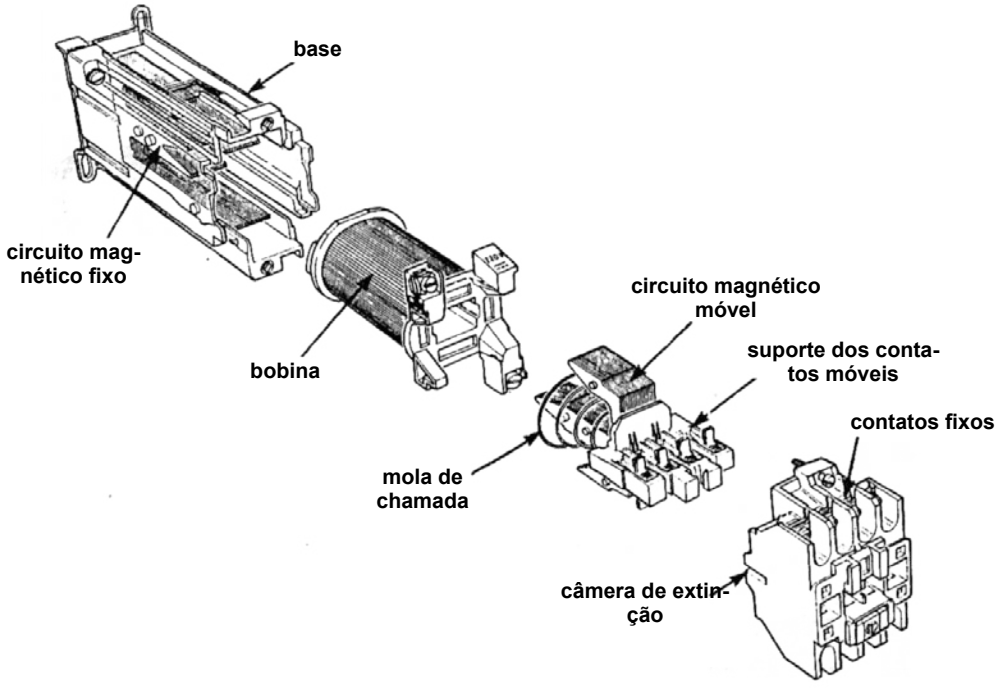


10.1.2 – Contatores com alimentação em CC

São modelos de contatores projetados para serem acionados por corrente contínua.

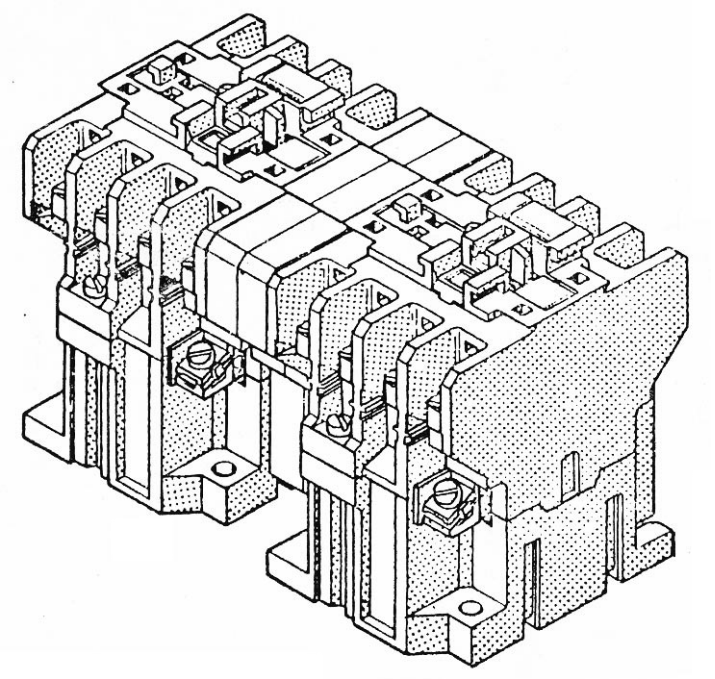
Esses contatores são bastante semelhantes aos contatores com alimentação em corrente alternada.

A principal diferença entre eles está no eletroímã, pois a bobina e o núcleo magnético são projetados para trabalhar com corrente contínua.



No núcleo magnético não existe o anel curto-circuitado (pólo fantasma), pois o campo magnético gerado pela corrente contínua é constante. Os contatores alimentados com CC possuem um grande poder de atração e retenção do núcleo magnético sem apresentar vibrações e zumbidos magnéticos, como ocorre nos contatores alimentados com CA.

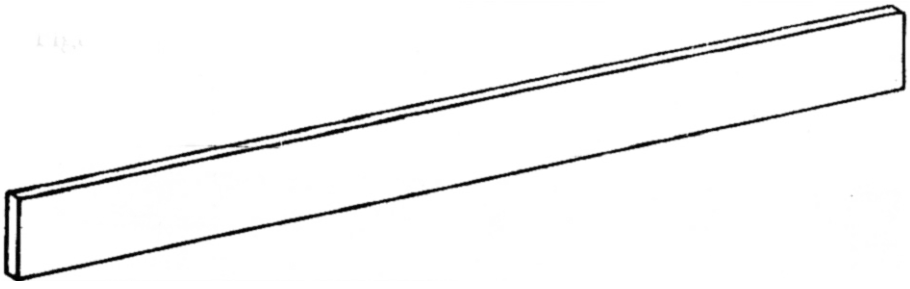
Existem **contatores de potência** e **contatores auxiliares** para serem utilizados em circuitos de corrente contínua, nas tensões de 24V, 48V, 110V, 127V, 220V, 380V e 440V. Para a montagem de chaves reversoras, são fornecidos, comercialmente, **contatores inversores lado a lado**.



Esse tipo de contator apresenta, em uma única carcaça, os componentes de dois contatores, possibilitando a montagem de circuitos em espaços bastante reduzidos.

10.1.3 – Barramentos

São condutores de formato retangular, utilizados em quadros de distribuição e de comando de circuitos de altas intensidades de corrente.



Nas instalações em quadros metálicos, é recomendado o uso de barramentos em substituição aos condutores convencionais, por apresentarem as seguintes vantagens:

– facilidade para derivar os circuitos

– elevado fator estético

– exigências de manutenção reduzidas

– alta resistência aos esforços eletromecânicos

– facilidade de dimensionamento para altas intensidades de corrente.

Os barramentos mais utilizados são de cobre eletrolítico, sem isolação, e devem ser dimensionados de maneira tal que suportem a corrente de curto-circuito, sem que haja deformações.

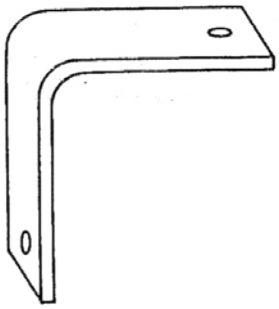
Comercialmente, os barramentos são fornecidos em diversas dimensões, para possibilitar a montagem de circuitos para as mais variadas intensidades de corrente. As dimensões padronizadas, bem como o limite de condução, com temperatura ambiente de 35ºC é visto na tabela a seguir:

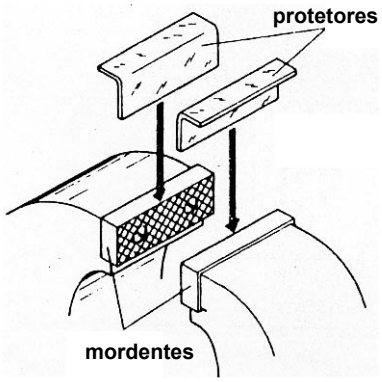
DIMENSÕES mm	SECÇÃO mm^2	CORRENTE A
12 x 2	24	125
15 x 2	30	155
15 x 3	45	185
20 x 2	40	205
20 x 3	60	245
20 x 5	100	325
25 x 3	75	300
25 x 5	125	395
30 x 3	90	355
30 x 5	150	450
40 x 3	120	460
40 x 5	200	600
40 x 10	400	850
50 x 5	250	720
50 x 10	500	1030
60 x 5	300	850
60 x 10	600	1200
80 x 5	400	1070
80 x 10	800	1560
100 x 5	500	1350
100 x 10	1000	1880
120 x 10	1200	2200
160 x 10	1600	2800
200 x 10	2000	3350

nota

Para intensidades de corrente não constantes na tabela, poderão ser utilizadas, no máximo, três barras em paralelo.

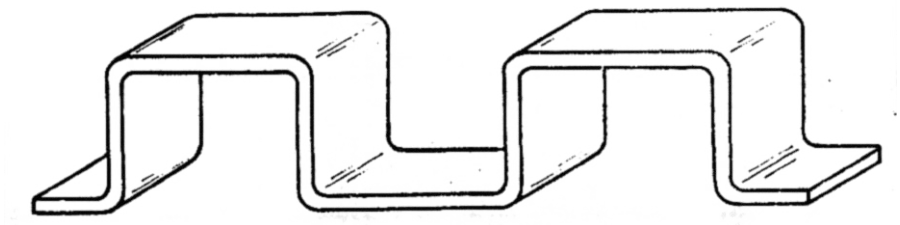
Durante a fase de instalação pode ocorrer a necessidade de que os barramentos sejam dobrados, torcidos ou ajustados.





Ao executar estas operações, deve-se ter o cuidado de colocar proteção nos mordentes da morça, evitando, assim, a danificação das superfícies do barramento.

Na maioria das montagens com barramentos, surge a necessidade de que os mesmos mudem de direção. Quando esta mudança for no sentido da sua parte mais larga (largura), é utilizado o processo de dobras.



aplicação

a. Os componentes da chave magnética em estudo serão fixados:

( ) no C.C.M.

( ) num chassi de montagem

( ) no box

b. Para a montagem desta chave magnética, serão utilizados cinco contatores alimentados por:

( ) corrente contínua

( ) corrente alternada

( ) corrente pulsante

c. A ponte retificadora, utilizada nesta montagem, deve fornecer:

( ) 24V CA

( ) 24V CC

( ) 220V CC

d. O resistor para aceleração rotórica deve ficar instalado:

( ) no chassi de montagem

( ) na porta do cofre

( ) próximo do motor ou da chave magnética

e. As botoeiras ficam instaladas:

( ) no chassi de montagem

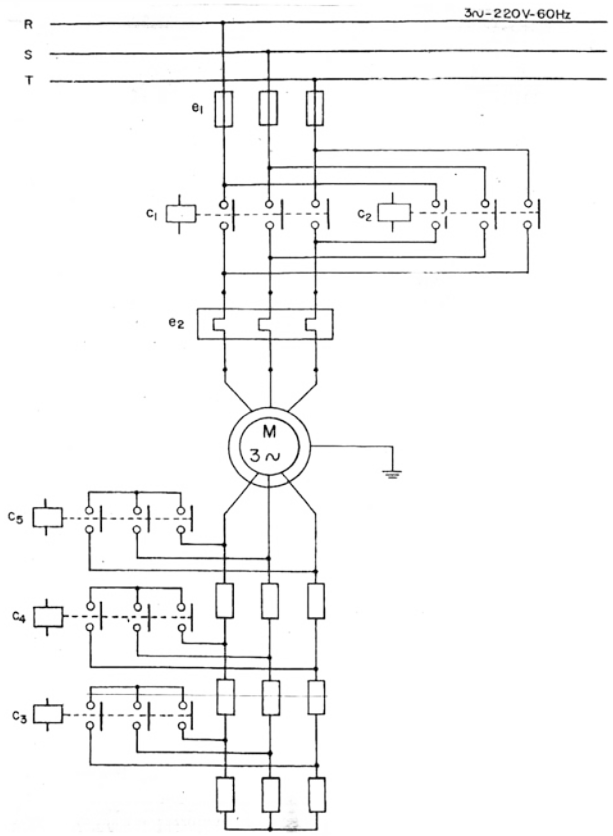
( ) no C.C.M.

( ) na porta do cofre

10.2 – Representações em esquemas

Agora, vamos estudar as representações esquemáticas da chave magnética, através do esquema funcional do circuito de força e do circuito de comando.

10.2.1 – Esquema funcional do circuito de força da chave magnética com reversão para comando de motor trifásico de rotor bobinado com aceleração rotórica



10.2.1.1 – Seqüência operacional do circuito de força

Os contatores c_1 e c_2 formam a chave reversora. Esses contatores não podem ser operados simultaneamente pois, se isso ocorrer, as fases R e T entrarão em curto- circuito.

- 1º ESTÁGIO DA ACELERAÇÃO ROTÓRICA

O motor entra em regime de partida através do contator c_1 (esquerda) ou do contator c_2 (direita), com um mínimo de velocidade, pois toda a resistência está inserida no bobinado do rotor.

- 2º ESTÁGIO DA ACELERAÇÃO ROTÓRICA

Vencido um determinado tempo, o contator c_3 deve ser operado, reduzindo a 2/3 o valor da resistência em série com o rotor, fazendo com que este aumente sua rotação.

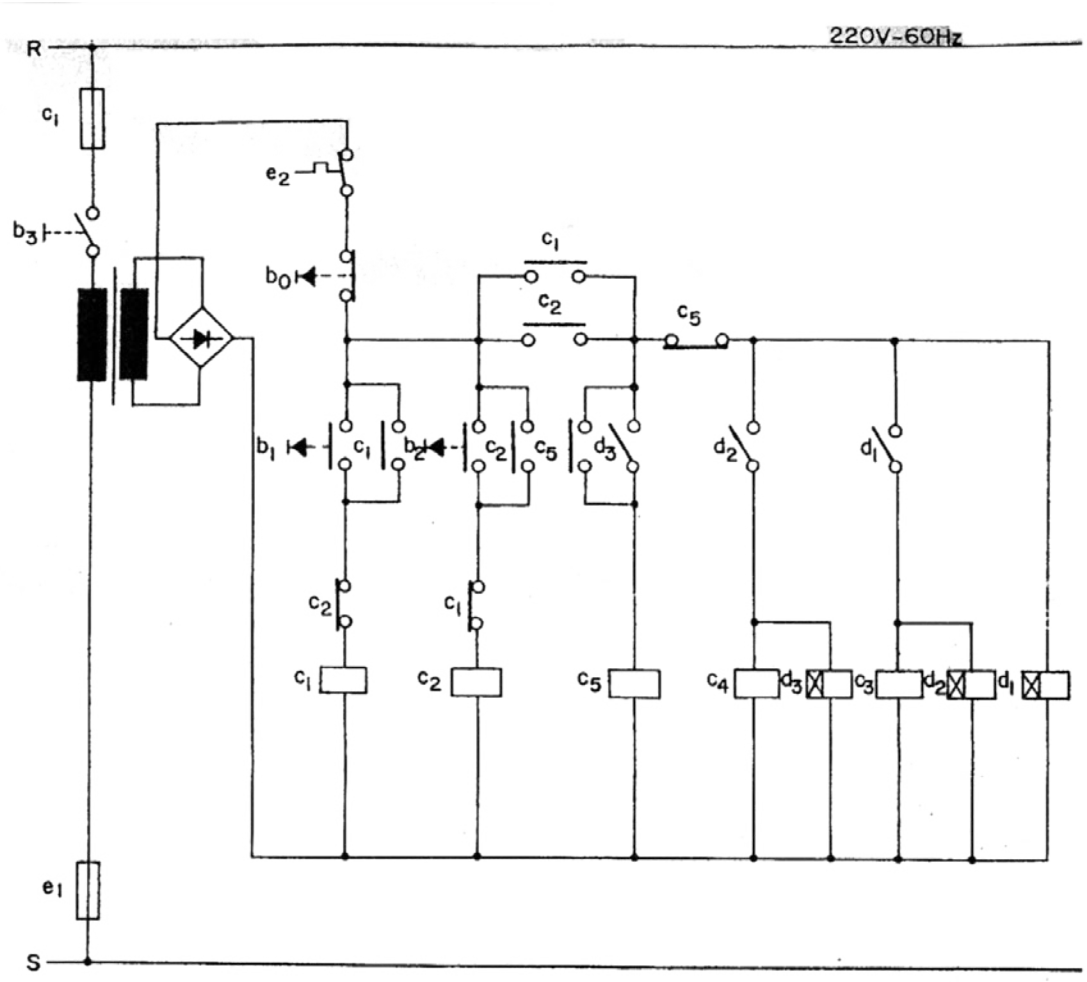
- 3º ESTÁGIO DA ACELERAÇÃO ROTÓRICA

Vencido um determinado tempo, o contator c_4 deve ser operado, reduzindo de mais 1/3 o valor da resistência em série com o rotor, fazendo com que este aumente novamente sua rotação.

➢ 4º ESTÁGIO DA ACELERAÇÃO ROTÓRICA

Vencido um determinado tempo, o contator c_5 deve ser operado, anulando o restante da resistência em série com o rotor, fazendo com que este atinja a sua velocidade nominal e entre em regime de trabalho.

10.2.2 – Esquema funcional do circuito de comando da chave magnética com reversão para comando de motor trifásico de rotor bobinado, com aceleração rotórica.



10.2.2.1 – Seqüência operacional do circuito de comando

Para que este circuito entre em funcionamento, deve-se, inicialmente, ligar o interruptor b_3, que comanda a fonte de corrente contínua. O circuito de comando pode ser colocado em operação através da botoeira b_1 ou da botoeira b_2, dependendo do sentido de rotação desejada.

➢ 1º ESTÁGIO DA ACELERAÇÃO ROTÓRICA

Pressionando-se a botoeira b_1, entra em operação o contator c_1 que coloca o motor em funcionamento, num determinado sentido; pressionando-se a botoeira b_2, entra em operação o contator c_2, que coloca o motor em funcionamento no sentido de rotação inverso.

Tanto o contator c_1 como o contator c_2 ficam retidos em operação (isolamento), através de seus contatos NA, conectados em paralelo com as botoeiras b_1 e b_2.

Com a entrada em operação tanto do contator $c_1$como do contator c_2, o temporizador d_1 será operado, através dos contatos NA de c_1 e c_2, conectados em paralelo.

➢ 2º ESTÁGIO DA ACELERAÇÃO ROTÓRICA

Vencido o tempo ajustado no temporizador d_1, este fecha seu contato NA, colocando em operação o contator c_3 e o temporizador d_2 (o contator c_3 anula 1/3 da resistência do rotor).

➢ 3º ESTÁGIO DA ACELERAÇÃO ROTÓRICA

Vencido o tempo ajustado no temporizador d_2, este fecha seu contato NA, colocando em operação o contator c_4 e o temporizador d_3 (o contator c_4 anula mais 1/3 da resistência do rotor).

➢ 4º ESTÁGIO DA ACELERAÇAO ROTÓRICA

Vencido o tempo ajustado no temporizador d_3, este fecha seu contato NA, colocando em operação o contator c_5, que permanece retido através de seu contato NA, em paralelo com o contato do temporizador d_3.

Com a entrada do contator c_5 em operação, este abre seu contato NF, que está em série com c_4, d_3,c_3 ,d_2 e d_1, retirando-os de operação.

Com a entrada do contator c_5 em operação, será anulado o restante da resistência inserida no bobinado do rotor, fazendo com que este atinja sua velocidade nominal e entre em regime de trabalho.

11

Chaves Auxiliares de Comando Elétrico

Tipo Fim de Curso

11– Chaves auxiliares tipo fim de curso de comando elétrico

11.1 – Conceito

As chaves auxiliares tipo fim de curso de comando elétrico são dispositivos de acionamento retilíneo ou angular, com retorno automático ou por acionamento, destinados a situações de comando, sinalização e segurança, em circuitos auxiliares de processos automáticos, controlando movimento de máquinas e/ou equipamentos.

As situações de comando estão diretamente relacionadas à aceleração de movimentos, determinação dos pontos de parada de um dispositivo de uma máquina e início de novo movimento, produção de seqüência e controle de operações, inversão de curso ou de sentido de rotação de partes móveis.

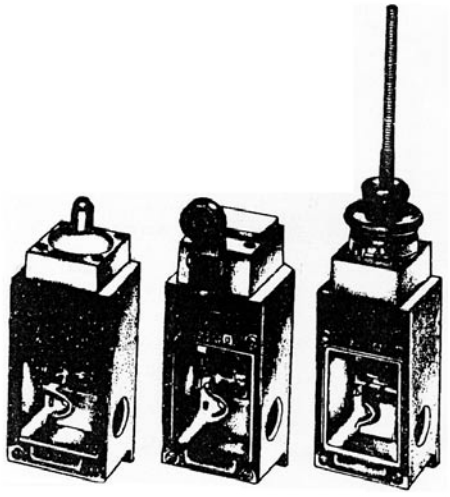
A sinalização diz respeito a alarmes visuais (bandeirolas, lâmpadas, etc.) e/ou audíveis (cigarra, sirene, buzina, campainha, etc.)

As situações de segurança são aquelas que se caracterizam, basicamente, por paradas de emergência em curso máximo.

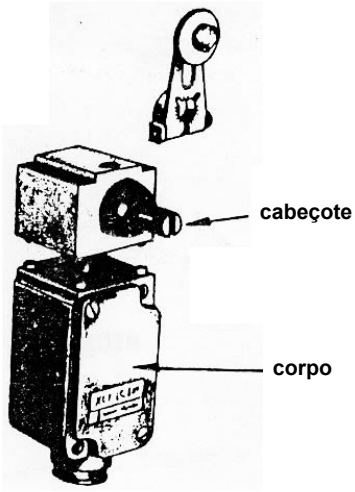
As chaves auxiliares tipo fim de curso de comando elétrico são projetadas em diferentes modelos, a partir das situações a que irão atender e dos fins a que se destinam. Assim sendo, você irá encontrá-las sendo utilizadas nas mais diversas aplicações, tais como:

– onde há restrições de espaço e não exigência de um esforço de acionamento muito importante.

– em máquinas operatrizes, em transporte de carga e materiais, onde o meio ambiente e o tipo de operação exigem um fim de curso estanque e de grande robustez.



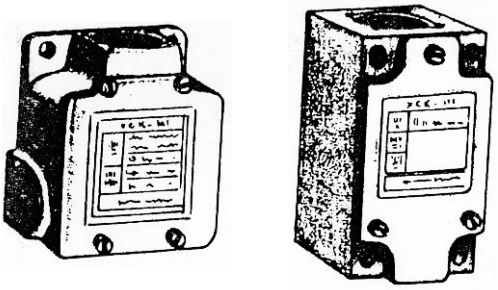
– em automatizações complexas, devido a sua grande versatilidade, permitindo mais de trezentas combinações entre corpo, cabeçote e componentes de ataque.



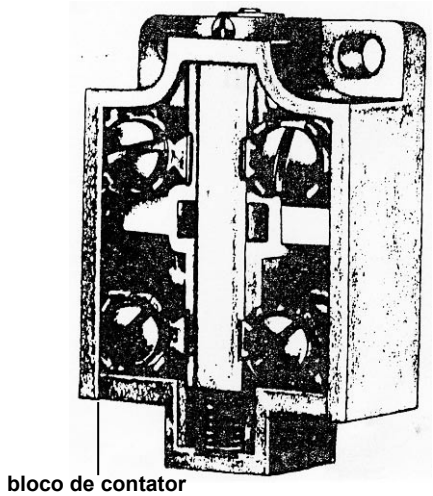
11.2 – Componentes básicos

Independentemente do tipo e da finalidade a que irá atender, a chave auxiliar tipo fim de curso é composta de duas partes distintas: corpo e cabeçote.

11.2.1 – Corpo



Também chamado blindagem, é o componente onde está fixado o cabeçote e no qual estão alojados os contatos e os bornes. É fabricado de diferentes tipos de materiais: termoplástico reforçado com fibra de vidro, zamak (liga de alumínio, magnésio e zinco) e em alumínio fundido, de modo a oferecer elevada resistência mecânica, podendo trabalhar em temperaturas variáveis entre -30ºC e +80ºC.



11.2.1.1 – Contatos móveis e fixos

Os contatos são geralmente de prata dura reforçada e podem ser montados em três sistemas:

- contato simples por impulso;
- contato instantâneo;
- contato prolongado.

Os contatos simples ou por impulso são os mais comumente utilizados e, dependendo da natureza do trabalho em que estão aplicados, podem atender às seguintes combinações:

1 contato normalmente aberto e 1 normalmente fechado (1 NA e 1NF) 11.

2 contatos normalmente abertos (2 NA) 20.

2 contatos normalmente fechados (2 NF) 02.

2 contatos normalmente abertos e 2 normalmente fechados (2 NA e 2 NF) 22.

1 contato normalmente aberto e 3 normalmente fechados (1 NA e 3 NF) 13.

3 contatos normalmente abertos e 1 normalmente fechado (3 NA e 1 NF) 31.

4 contatos normalmente abertos (4 NA) 40.

4 contatos normalmente fechados (4 NF) 04.

Ao serem acionados, os contatos por impulso se fecham e se abrem de acordo com a velocidade imprimida nos componentes de ataque (pistão, alavanca ou haste), possuindo um estágio intermediário, que se caracteriza por não estar a chave auxiliar tipo fim de curso nem totalmente acionada, nem em posição de repouso, estando ambos os contatos (NA e NF) abertos.

Os contatos instantâneos se caracterizam pela abertura do contato fechado e fechamento do contato aberto instantaneamente, sem estágio intermediário, quando o acionamento é atacado em um determinado ponto do curso do acionador. A abertura e o fechamento dos contatos não dependem, portanto, da velocidade imprimida aos componentes de ataque, devido à ação de uma lâmina mola. Geralmente são assim combinados:

1 contato instantâneo aberto e 1 instantâneo fechado (1 NA e 1NF) 11.

2 contatos instantâneos abertos e 2 instantâneos fechados (2 NA e 2 NF) 22.

Os contatos prolongados são tidos como especiais e usados para situações bem específicas. Basicamente, os contatos prolongados assim são denominados pelo fato de que quando acionados, o contato normalmente aberto se fecha antes de o contato prolongado fechado se abrir, permanecendo fechado até quase o final do percurso da ação, quando novamente se abre. Geralmente, são assim combinados:

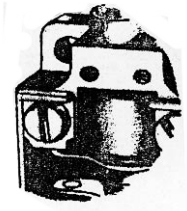
1 contato normalmente aberto e 1 contato prolongado fechado (1 NA e 1 NF prolongado) 11.

2 contatos normalmente abertos e 1 contato prolongado fechado (2 NA e 1 NF prolongado) 21.

1 contato normalmente aberto, 1 contato prolongado fechado e 1 prolongado aberto (1 NA, 1 NF prolongado e 1 NA prolongado) 111.

1 contato normalmente aberto e 2 contatos prolongados fechados (1 NA e 2 NF prolongados)12.

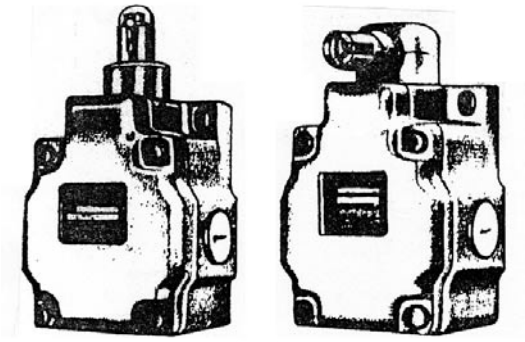
1 contato normalmente aberto, 1 contato normalmente fechado, 1 contato prolongado aberto (1 NA, 1 NF e 1 NA prolongado) 111.



11.2.1.2 – Bornes para conexões

São destinados à ligação dos condutores que chegam à chave auxiliar tipo fim de curso, sendo proporcionais ao número de contatos fixos. Assim sendo, uma chave auxiliar com 1 NA e 1 NF tem 4 bornes; uma chave auxiliar com 2 NA e 2 NF tem 8 bornes.

Os bornes geralmente estão colocados em lugares de fácil acesso e seus parafusos recebem um tratamento à base de cádmio, para evitar corrosão.



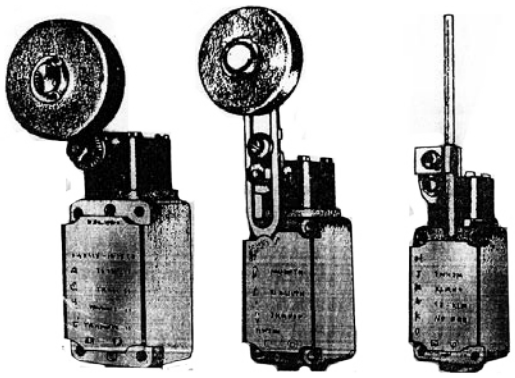
11.2.2 – Cabeçote

É a parte da chave tipo fim de curso de comando elétrico que aloja os mecanismos de acionamento. Os tipos de mecanismos de acionamento são variados, dependendo dos tipos de cabeçotes. Existem vários tipos de cabeçotes que trabalham em dois movimentos básicos: percurso de ação retilínea e percurso de ação angular.

Ação retilínea – cabeçotes tipo pistão simples, com esfera e com roldana. Podem ser acionados na posição vertical ou na horizontal.

Ação angular – cabeçotes de alavanca e cabeçotes de haste. Os cabeçotes com alavanca são fabricados em diferentes modelos, dependendo da aplicação a que se destinam, como por exemplo: com ataque para a direita e para a esquerda e retorno automático;

com ataque só para a direita ou só para a esquerda e retorno automático; com ataque para a direita e para a esquerda e sem retorno automático.



cabeçotes de alavanca com hastes reguláveis

11.3 – Características elétricas

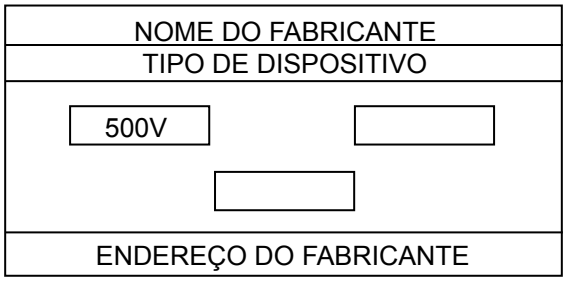
Normalmente, as características elétricas virão especificadas na placa de identificação da chave auxiliar tipo fim de curso. As placas variam muito, de acordo com os fabricantes. Vejamos um exemplo.

NOME DO FABRICANTE
TIPO DE DISPOSITIVO
500V 10A I P 6 5
ENDEREÇO DO FABRICANTE

Vamos estudar, detalhadamente, as características apresentadas.

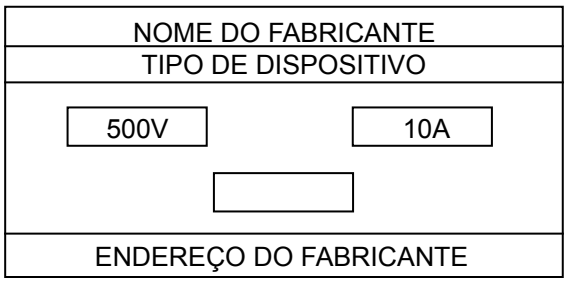
11.3.1 – Tensão nominal

A tensão nominal da chave auxiliar tipo fim de curso é variável, podendo ser de até 500V. A variação da tensão nominal depende da qualidade da liga do material usado na fabricação da chave fim de curso. Para alguns tipos de materiais, por exemplo, a tensão máxima é de 250V.



11.3.2 – Corrente nominal

A corrente nominal da chave auxiliar tipo fim de curso se baseia na estrutura de seus contatos e bornes, podendo variar até 16A .



11.3.3 – Grau de proteção

O grau de proteção é expresso em código, devidamente normalizado. Diz respeito ao tipo de proteção dos equipamentos elétricos contra acesso acidental às partes energizadas e contra água. O grau de proteção contra acesso acidental às partes energizadas visa, sobretudo, à segurança. O grau de proteção contra água visa à prevenção de curtos-circuitos, oxidação, deterioração, etc.

O código que indica o grau de proteção é composto de letras e números. As letras são usadas para caracterizar que a indicação a ser dada se refere a grau de proteção; os números, ao tipo de proteção do equipamento contra acesso acidental às partes energizadas e contra água. Assim, no exemplo:

I P 65

as letras "IP" significam grau de proteção. O primeiro número colocado após as letras indica a proteção existente contra as partes energizadas e varia de 0 (zero) a 6 (seis), significando, respectivamente:

0 (zero) = sem proteção

1 (um) = proteção contra acessos acidentais das mãos.

2 (dois) = proteção contra acessos acidentais dos dedos.

3 (três) = proteção contra acessos acidentais das ferramentas.

4 (quatro) = proteção contra acessos acidentais de fios.

5 (cinco) = todas as peças energizadas completamente protegidas. Proteção contra poeira danosa.

6 (seis) = todas as peças energizadas completamente protegidas. Blindagem à prova de pó.

O segundo número colocado após as letras indica a proteção existente contra água, variando de 0 (zero) a 7 (sete), significando, respectivamente:

0 (zero) = sem proteção.

1 (um) = proteção contra gotas de água em queda vertical.

2 (dois) = proteção contra gotas de água em direção de até 15º.

3 (três) = proteção contra respingos de água em direção de até 60º.

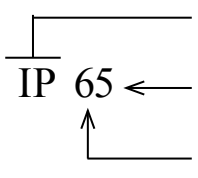
4 (quatro) = proteção contra respingos de água em qualquer direção.

5 (cinco) = proteção contra esguichos de água em qualquer direção.

6 (seis) = proteção contra imersão.

7 (sete) = proteção contra submersão .

Decodificando novamente o exemplo dado:



Significa grau de proteção.

Proteção contra água.

Proteção contra acessos acidentais às partes energizadas.

Conclui-se daí que uma chave auxiliar tipo fim de curso, em cuja placa de identificação o grau de proteção vem expresso na forma do exemplo dado, tem:

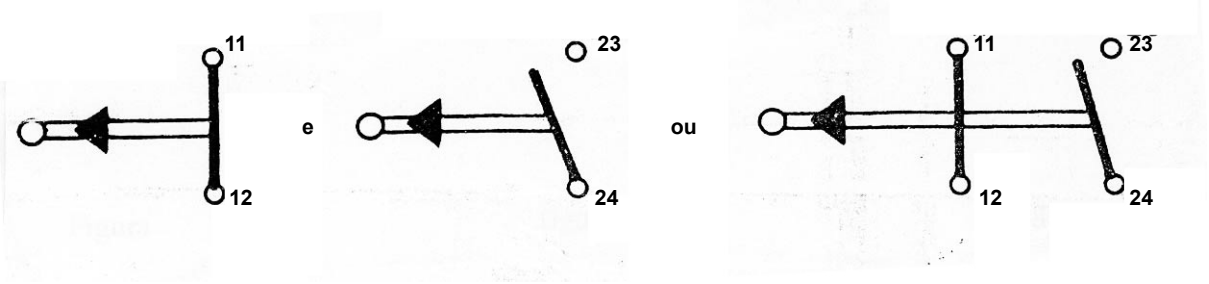
IP 65

- Todas as suas peças energizadas completamente protegidas. Proteção contra poeira danosa.
- Proteção contra esguichos de água em qualquer direção.

Veja agora a forma em que se irá encontrar, nas placas de identificação, a referência ao grau de proteção.

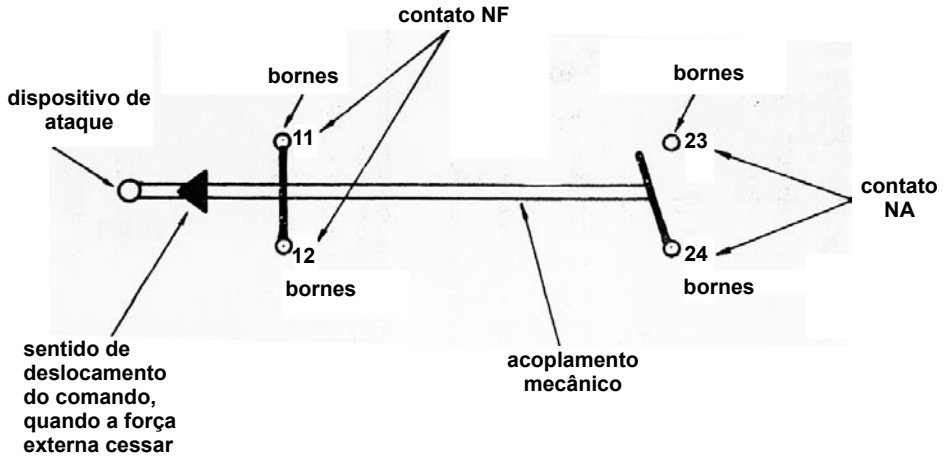
NOME DO FABRICANTE
TIPO DE DISPOSITIVO
500V 10A I P 6 5
ENDEREÇO DO FABRICANTE

11.4 – Símbolo (conforme as normas DIN)

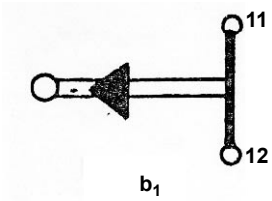


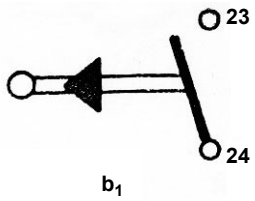
A representação da chave auxiliar tipo fim de curso nos diagramas de comando elétrico é de contato por contato. Quando há condições, faz-se uma conexão, usando uma linha pontilhada (----------) ou duas linhas contínuas

paralelas (═══), para representar a ligação mecânica entre os contatos. Veja detalhadamente:



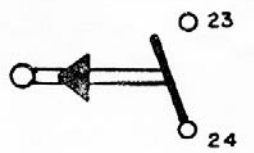
Em se tratando de projetos, os contatos ficam separados e para identificação é usada a terminologia regulamentada. Por exemplo:



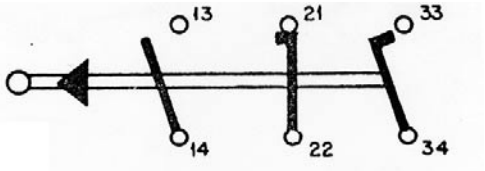


Os contatos simples ou por impulso, instantâneos e prolongados, são assim representados:

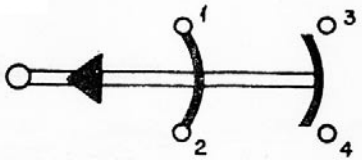
contatos simples ou por impulso



contatos prolongados



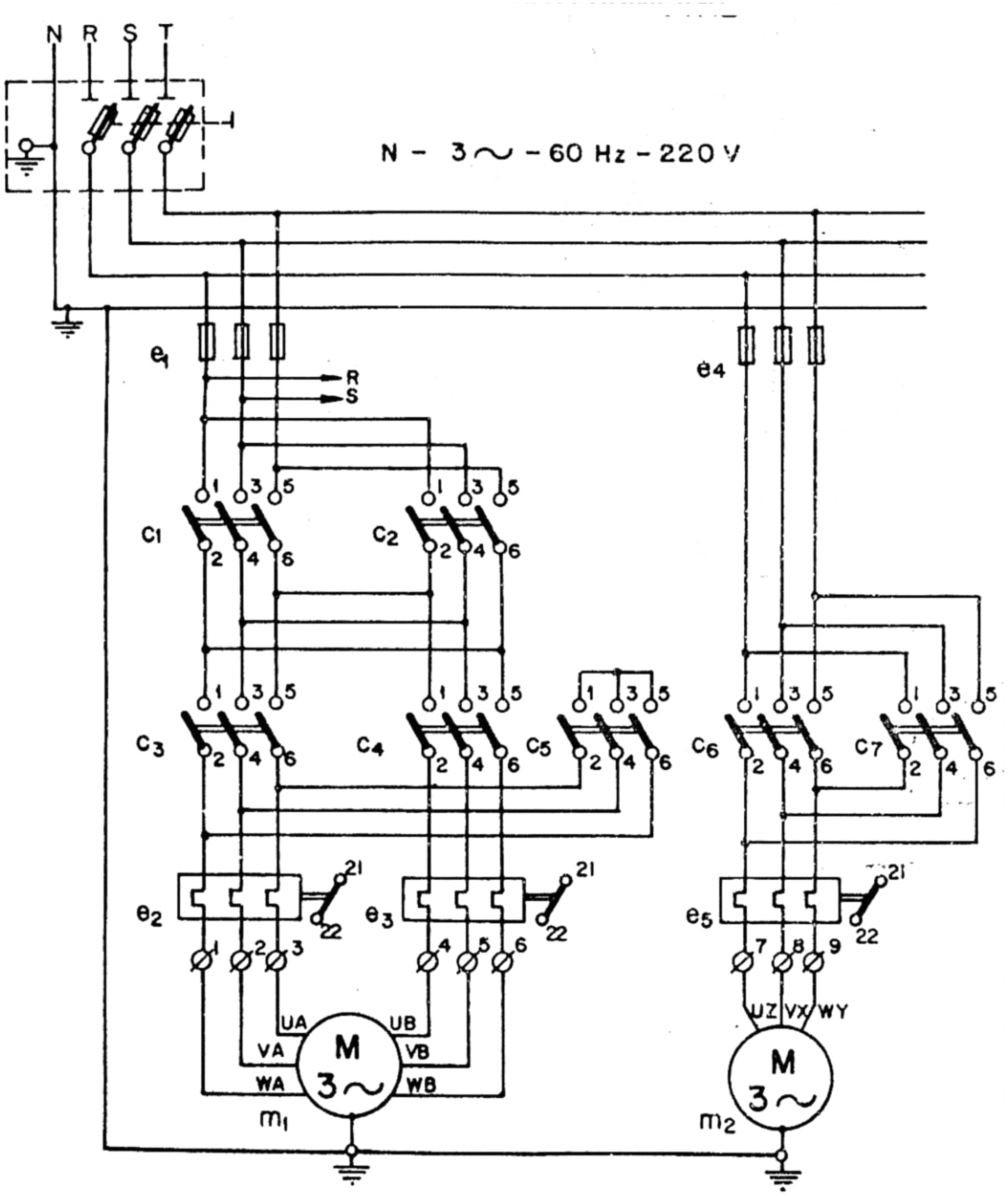
contatos instantâneos



11.5 – Diagramas

A seguir, serão apresentados os diagramas do circuito principal e do circuito de comando acompanhados pela legenda respectiva. Nela encontra-se a descrição de todos os elementos representados nos diagramas.

11.5.1 – Diagrama do circuito principal



LEGENDA DO CIRCUITO PRINCIPAL

a_1 – Chave seccionadora fusíveis.

e_1 – Fusíveis.

$c_1 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$ – Contatos principais do contator c_1.

$c_3 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$ – Contatos principais do contator c_3.

e_2 – Elementos bimetálicos do relé bimetálico.

1 a 9 – Bornes para conexões.

m_1 – Motor de indução trifásico tipo Dahlander.

R –S – Saída para o comando.

$c_2 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$ – Contatos principais do contator c_2.

$c_4 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$ – Contatos principais do contator c_4.

e_3 – Elementos bimetálicos do relé bimetálico.

$c_5 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$ – Contatos principais do contator c_5.

e_4 – Fusíveis.

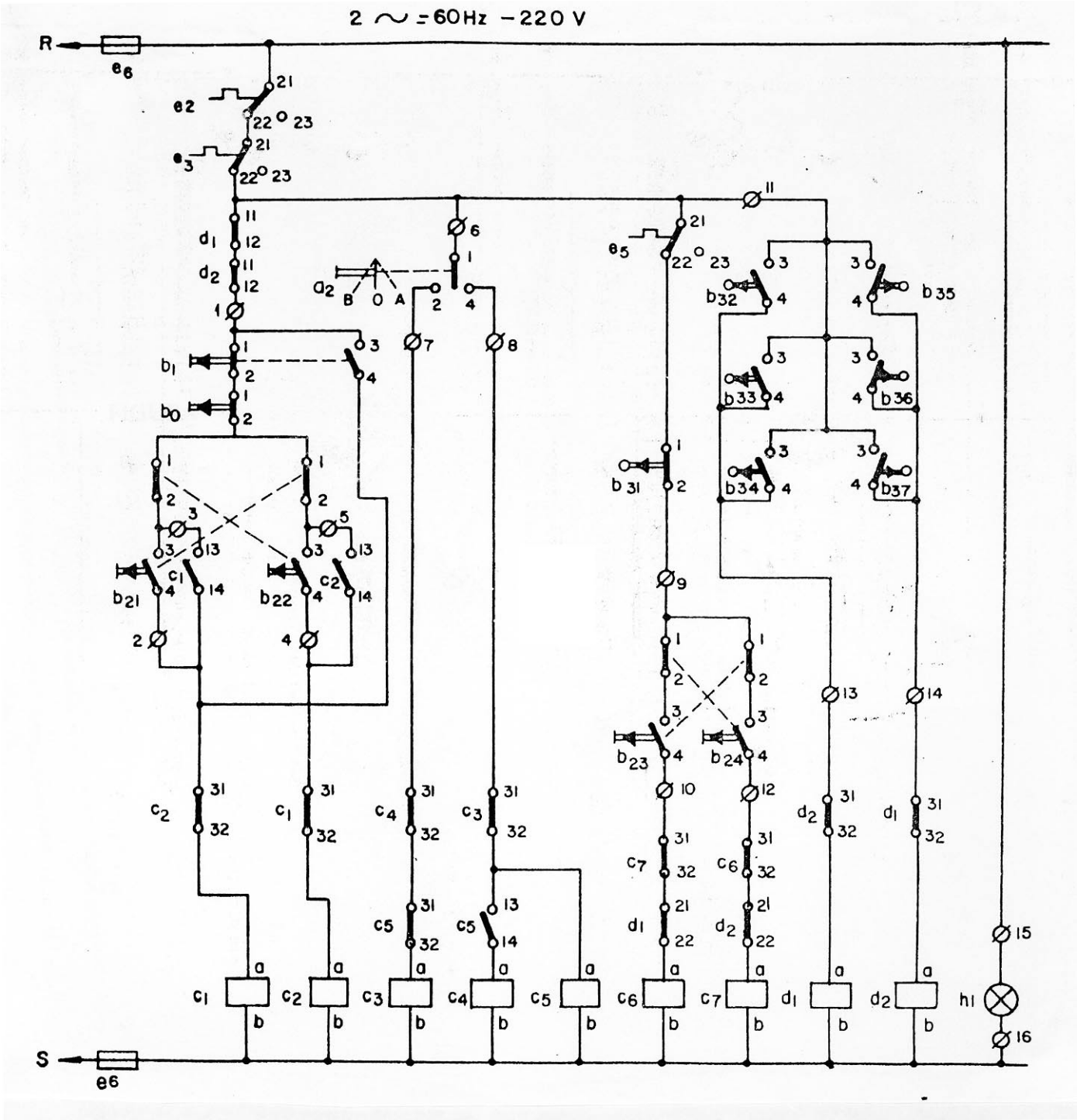
$c_6 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$ – Contatos principais do contator c_6.

e_5 – Elementos bimetálicos do relé bimetálico.

m_2 – Motor de indução trifásico com rotor em curto-circuito.

$c_7 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$ – Contatos principais do contator c_7.

11.5.2 – Diagrama do circuito de comando



LEGENDA DO CIRCUITO DE COMANDO

e_6 – Fusíveis.

$e_2 \begin{matrix}21\\22\end{matrix}$ – Contato auxiliar do relé bimetálico e_2.

$e_3 \begin{matrix}21\\22\end{matrix}$ – Contato auxiliar do relé bimetálico e_3.

$d_1 \begin{matrix}11\\12\end{matrix}$ – Contato auxiliar do contator auxiliar d_1.

$d_2 \begin{matrix}15\\18\end{matrix}$ – Contato auxiliar do contator auxiliar d_2.

1 a 16 – Bornes para conexões.

$b_1 \begin{matrix}1.3\\2.4\end{matrix}$ – Botão intermitente para giro da árvore no sentido horário.

$b_0 \begin{matrix}1\\2\end{matrix}$ – Botão desliga.

$b_{21} \begin{matrix}3\\4\end{matrix}$ – Botão liga para giro da árvore no sentido horário.

$c_2 \begin{matrix}31\\32\end{matrix}$ – Contato auxiliar do contator principal c_2.

$c_1 \begin{matrix}a\\b\end{matrix}$ – Bobina do contator principal c_1.

$c_1 \begin{matrix}13\\14\end{matrix}$ – Contato auxiliar do contator principal c_1.

$b_{22} \begin{matrix}3\\4\end{matrix}$ – Botão liga para giro da árvore no sentido anti-horário.

$c_1 \begin{matrix}31\\32\end{matrix}$ – Contato auxiliar do contator principal c_1.

$c_2 \begin{matrix}a\\b\end{matrix}$ – Bobina do contator principal c_2.

$c_2 \begin{matrix}13\\14\end{matrix}$ – Contato auxiliar do contator principal c_2.

$a_2{}^{1}_{24}$ – Chave comutadora de velocidades.

$c_4{}^{31}_{32}$ – Contato auxiliar do contator principal c_4.

$c_5{}^{31}_{32}$ – Contato auxiliar do contator principal c_5.

$c_3{}^{a}_{b}$ – Bobina do contator principal c_3.

$c_3{}^{31}_{32}$ – Contato auxiliar do contator principal c_3.

$c_5{}^{13}_{14}$ – Contato auxiliar do contator principal c_5.

$c_4{}^{a}_{b}$ – Bobina do contator principal c_4.

$c_5{}^{a}_{b}$ – Bobina do contator principal c_5.

$e_5{}^{21}_{22}$ – Contato auxiliar do relé bimetálico e_5.

$b_{31}{}^{1}_{2}$ – Contato auxiliar da chave fim de curso b_{31} (movimento da árvore para a esquerda e para a direita).

$b_{23}{}^{3}_{4}$ – Botão liga para avanço rápido do carro vertical para baixo, avanço transversal da mesa para a frente e longitudinal do carro horizontal, para a esquerda.

$c_7{}^{31}_{32}$ – Contato auxiliar do contator principal c_7.

$d_1{}^{21}_{22}$ – Contato auxiliar do contator principal d_1.

$c_6{}^{a}_{b}$ – Bobina do contator principal c_6.

$b_{24}{}^{3}_{4}$ – Botão para avanço rápido do carro vertical para cima, avanço transversal da mesa para trás e longitudinal do carro horizontal, para a direita.

$c_6{}^{31}_{32}$ – Contato auxiliar do contator principal c_6.

d_2 $^{21}_{22}$ – Contato auxiliar do contator auxiliar d_2.

c_7 $^{a}_{b}$ – Bobina do contator principal c_7.

b_{32} $^{3}_{4}$ – Contato auxiliar da chave fim de curso b_{32} (movimento do carro vertical para baixo).

b_{33} $^{3}_{4}$ – Contato auxiliar da chave fim de curso b_{33} (movimento longitudinal do carro horizontal para a esquerda).

b_{34} $^{3}_{4}$ – Contato auxiliar da chave fim de curso b_{34} (movimento transversal da mesa para a frente).

d_2 $^{31}_{32}$ – Contato auxiliar do contator auxiliar d_2.

d_1 $^{a}_{b}$ – Bobina do contator auxiliar d_1.

b_{35} $^{3}_{4}$ – Contato auxiliar da chave fim de curso b_{35} (movimento do carro vertical para cima).

b_{36} $^{3}_{4}$ – Contato auxiliar da chave fim de curso b_{36} (movimento longitudinal do carro horizontal para a direita).

b_{37} $^{3}_{4}$ – Contato auxiliar da chave fim de curso b_{37} (movimento transversal da mesa para trás).

d_1 $^{31}_{32}$ – Contato auxiliar do contator auxiliar d_1.

d_2 $^{a}_{b}$ – Bobina do contator auxiliar d_2.

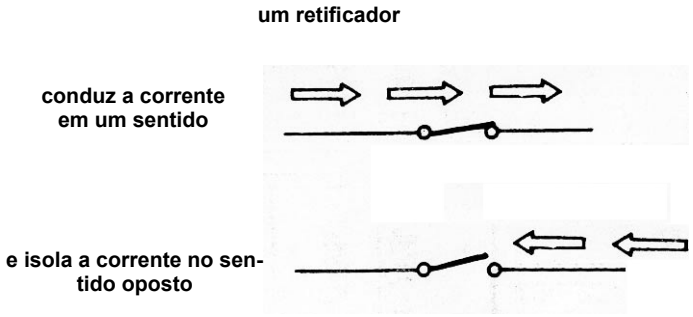
h_1 – Lâmpada sinalizadora.

12 Retificadores

12 – Retificadores

12.1 – Conceito

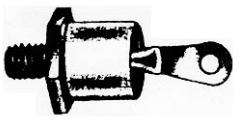
Retificadores são dispositivos que permitem a passagem da corrente em um único sentido. Eles atuam como condutores em um sentido e como isolantes no sentido oposto.



12.2 – Tipos

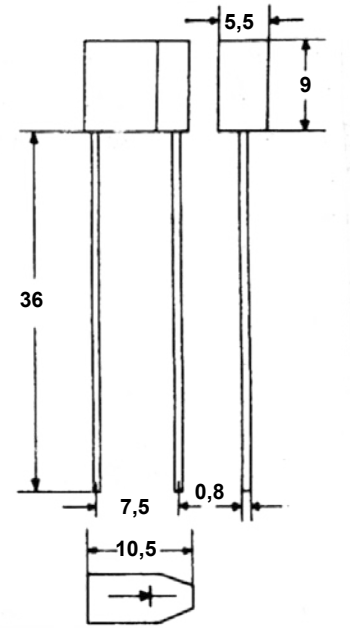
12.2.1 – Retificador para baixa potência

O retificador para baixa potência é um dispositivo que, devido às suas características construtivas e de potência, somente é utilizado em circuitos onde houver baixo consumo de corrente.



12.2.2 – Retificador para alta potência

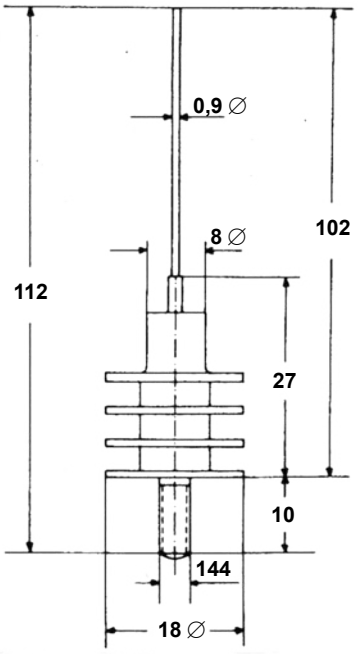
O retificador para alta potência é um dispositivo que, devido às suas características construtivas e de potência, somente é utilizado em circuitos onde houver um consumo elevado de corrente.



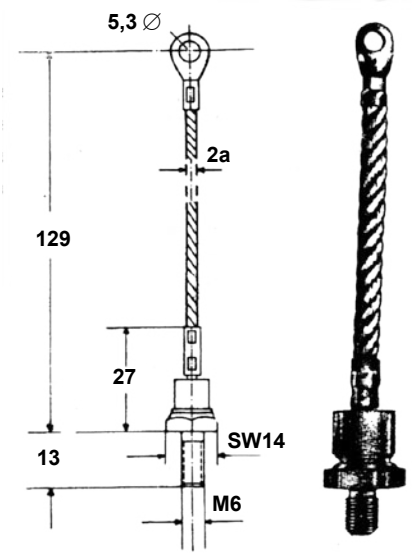
12.3 – Características dos terminais

Nos retificadores de baixa potência, os terminais são construídos com um fio de cobre rígido estanhado e de pequeno diâmetro (0,8 milímetros), o que possibilita sua montagem em placas de circuito impresso.

Nos retificadores para correntes mais elevadas, as características são um pouco diferentes. Assim:

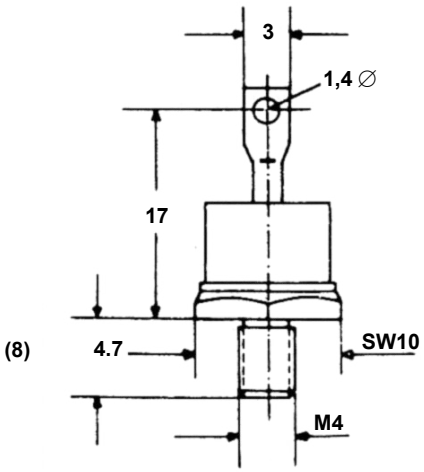


a) Em um dos lados podemos ter um terminal de 0,9 milímetros e, no lado oposto, uma rosca de dimensões variadas, dependendo da capacidade do retificador.



b) Com cordoalha de cobre de diâmetro variável, de acordo com a potência do retificador, em um dos lados; no lado oposto, apresentando uma rosca, que terá diâmetro variável de acordo com a capacidade do retificador.

c) Com terminal para fixação em um dos lados, e, no lado oposto, uma rosca cujo diâmetro varia de acordo com a capacidade do retificador.



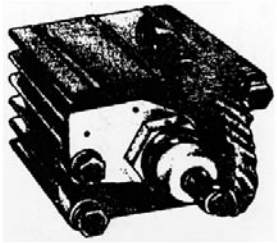
12.4 – Características do encapsulamento

A) – RETIFICADORES DE BAIXA POTÊNCIA

Nos retificadores para baixa potência, o encapsulamento é construído em epóxi. Esses retificadores são ideais para circuitos impressos. Devido à baixa corrente que pode circular através desses retificadores, seus terminais não têm necessidade de ser refrigerados.

B) – RETIFICADORES DE ALTA POTÊNCIA

Nos retificadores para alta potência, o encapsulamento é construído em metal, com isolamento de vidro. Podem ser encontrados com aletas de refrigeração no próprio encapsulamento ou ser fornecidos para montagem em dissipadores.



12.5 – Características do material das pastilhas semi-condutoras

As pastilhas semicondutoras que podem ser de selênio, germânio ou silício são dopadas com elementos químicos, que produzem o aparecimento de uma camada tipo N e uma camada tipo P no dispositivo. Tais camadas formam uma junção.

Como existem retificadores para baixa e alta potência, essas características dependem única e exclusivamente das dimensões do retificador e, particularmente, da área da superfície ativa da junção semi-condutora.

12.6 – Características elétricas dos retificadores

Tanto para os retificadores de alta quanto para os de baixa potência têm que ser observadas as especificações quanto à tensão máxima inversa, corrente máxima direta, tensão nominal e dissipação máxima.

12.6.1 – Tensão máxima inversa

Tensão máxima inversa, também chamada de tensão de pico inversa, é o valor da tensão que o retificador pode suportar no sentido contrário ao momento de condução da corrente elétrica, sem se danificar.

12.6.2 – Corrente máxima direta

É o valor da corrente máxima que o retificador suporta durante o momento da condução da corrente elétrica, sem se danificar.

12.6.3 – Tensão nominal

É o valor eficaz da tensão através do qual é designado um retificador e ao qual são referidos outros valores nominais.

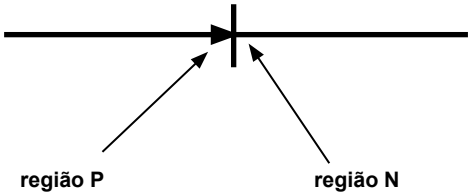
12.6.4 – Dissipação máxima

Para retificadores de potência mais elevada, além dos dados de corrente máxima direta e tensão máxima inversa, o fabricante especifica uma dissipação máxima numa temperatura também especificada, geralmente em torno de 25ºC.

Com base nessa informação, conclui-se que o produto da corrente que circula pelo retificador pela tensão nele aplicada (I.V) não pode ser maior que a dissipação máxima estipulada.

12.7 – Representação simbólica

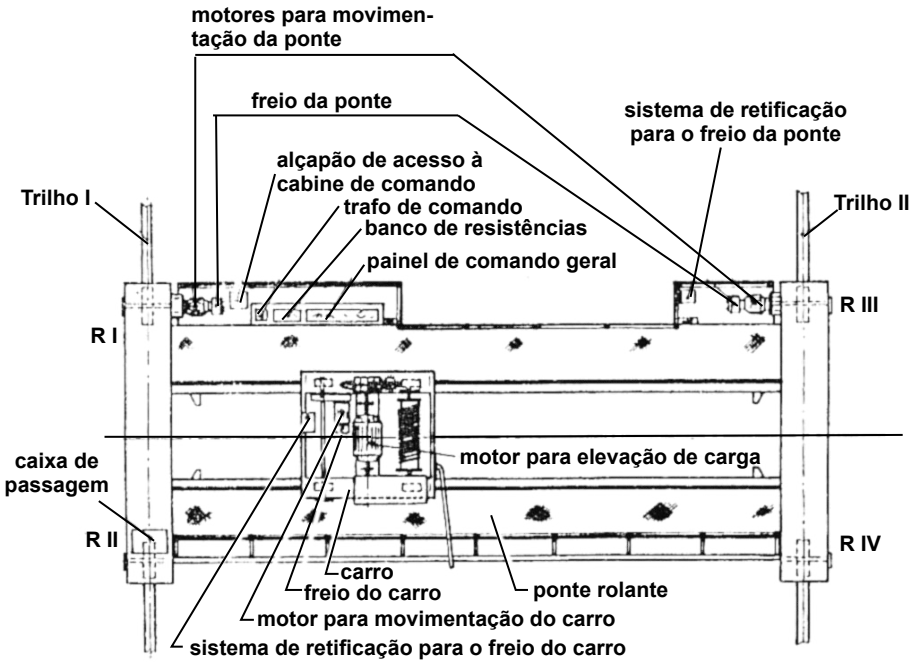
O símbolo gráfico dos retificadores (segundo as normas ABNT e DIN) é utilizado nos diagramas de circuitos elétricos adotados pelas indústrias e pelos fabricantes.



Nesse símbolo, a região P é chamada de anodo e a região N é chamada de catodo.

A aplicação desse símbolo em um diagrama de disposição e respectivo diagrama de circuito elétrico será apresentada a seguir.

A figura que se segue representa o **diagrama de disposição de uma ponte rolante**, e nele podemos ver os elementos que comandam seu sistema elétrico.

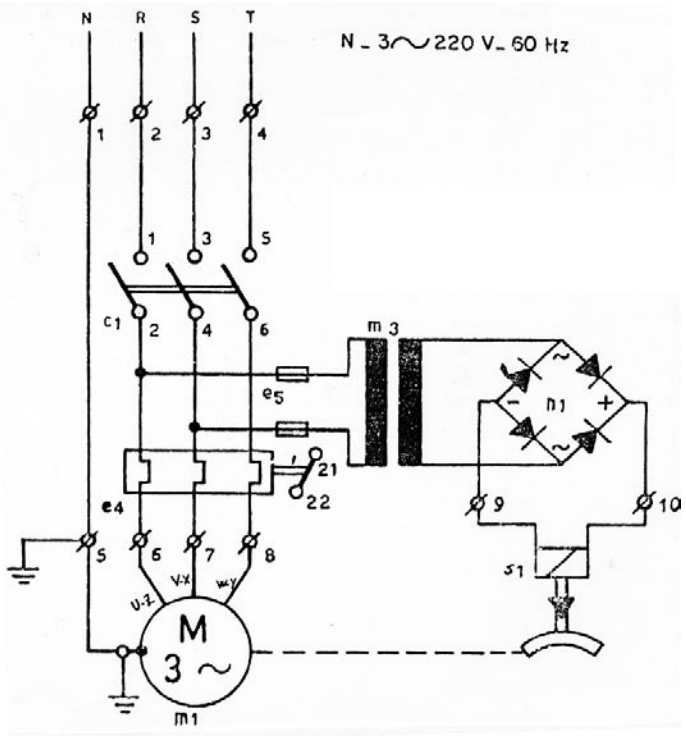


O diagrama de disposição, apresentado com a legenda dos diversos componentes da ponte e dos comandos elétricos, tem a função de indicar a localização desses componentes montados no local de trabalho.

Muitas vezes serão encontrados, nos catálogos e manuais de fabricantes de máquinas e equipamentos, diagramas de disposição como esse e até mais detalhados. No entanto, a existência ou não de tais diagramas nos catálogos e manuais fica a critério dos fabricantes.

No diagrama do circuito elétrico de frenagem da ponte rolante, que se apresenta a seguir, podemos verificar a colocação de um sistema de retificação, representado através da simbologia específica.

DIAGRAMA DO CIRCUITO ELÉTRICO DE FRENAGEM DA PONTE ROLANTE



Legenda	
$c_1^{1\text{-}3\text{-}5}_{\text{-}2\text{-}4\text{-}6}$	– Contator tripolar
e_4	– Elementos bimetálicos do relé de proteção do motor m_1
e_5	– Fusíveis de proteção do circuito de frenagem
m_3	– Transformador de comando para o freio
n_1	– Sistema de retificação
S_1	– Freio eletromagnético
m_1	– Motor trifásico de rotor em curto-circuito
1 a 10	– Bornes para conexões

12.8 – Características dos retificadores de selênio, germânio e silício

12.8.1 – Retificadores de selênio

São retificadores tipicamente utilizados para baixas tensões, uma vez que cada elemento que compõe esses retificadores suporta apenas uma diferença de potencial

da ordem de 36V. Pode ser usado também para potências relativamente elevadas. Sua tensão de pico inversa também tem valores bem baixos, que se igualam à tensão direta.

12.8.2 – Retificadores de germânio

Os retificadores de germânio apresentam dois tipos de fabricação:

1 – contato de ponta

2 – junção

O primeiro, devido às suas características, permite a circulação de correntes bem pequenas, apresentando pouca robustez.

O retificador de junção permite a circulação de correntes maiores e possui maior robustez. Apresenta menor resistência ao fluxo de corrente.

12.8.3 – Retificadores de silício

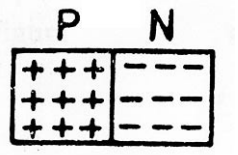
São retificadores que, devido às características do material semicondutor, possuem uma elevada tensão de bloqueio e uma considerável corrente de carga. Os retificadores de silício também se distinguem dos demais pela propriedade de poderem trabalhar a uma elevada temperatura de serviço, o que permite a refrigeração simplesmente feita pelo ar.

12.9 – Funcionamento

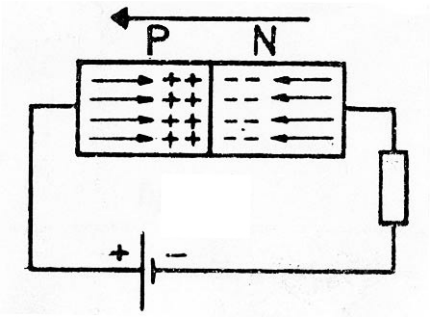
12.9.1 – Em polarização direta

O retificador, quando está polarizado diretamente, funciona como um interruptor fechado.

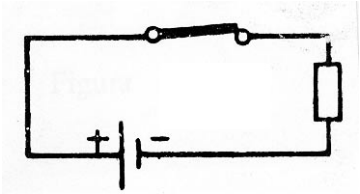
A polarização direta ocorre quando se aplica ao retificador uma diferença de potencial igual à polarização de suas pastilhas semicondutoras. Isto é o mesmo que aplicar o terminal positivo de uma bateria à pastilha semicondutora do tipo P.



Pastilhas semicondutoras, com materiais tipo P e tipo N.



Pastilhas semicondutoras colocadas em um circuito elétrico. Os elétrons do material tipo N são atraídos pelo terminal positivo da bateria e os buracos são atraídos pelo terminal negativo da bateria, diminuindo, assim, a resistência interna do semicondutor.

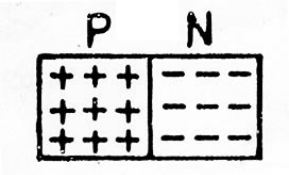


Representação gráfica do circuito elétrico ao lado.

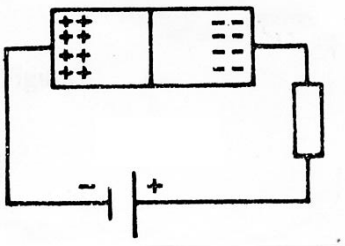
12.9.2 – Em polarização inversa

O retificador, quando está polarizado inversamente, funciona como um interruptor aberto.

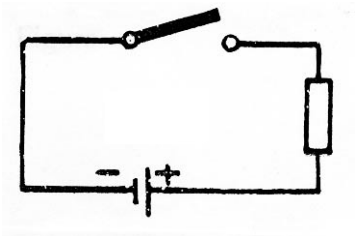
A polarização inversa ocorre quando se aplica ao retificador uma diferença de potencial diferente da polarização de suas pastilhas semicondutoras. Isto é o mesmo que aplicar o terminal positivo de uma bateria à pastilha de material semicondutor do tipo N negativo.



Pastilhas semicondutoras com materiais tipo P e tipo N.

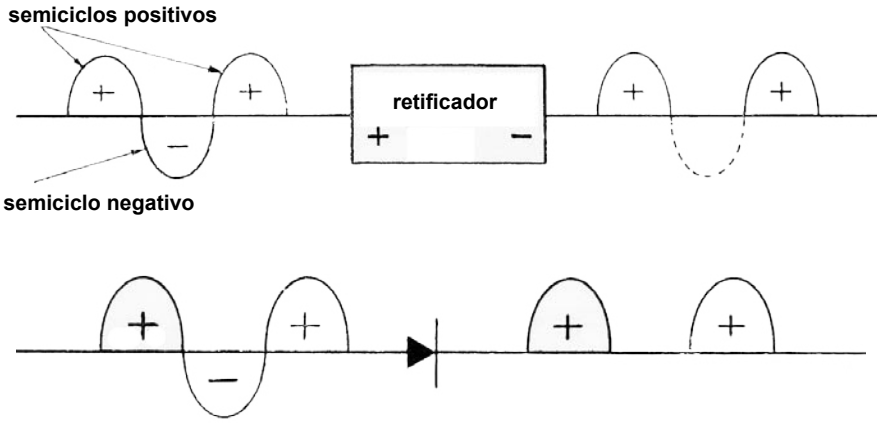


Pastilhas semicondutoras colocadas em um circuito elétrico. Os elétrons do material tipo P são atraídos pelo terminal positivo da bateria. Os buracos do material tipo P são atraídos pelo terminal negativo da bateria, aumentando, assim, a resistência interna do semicondutor.

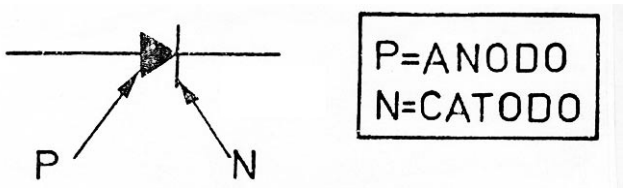


Representação gráfica do circuito elétrico acima. Não há corrente circulante.

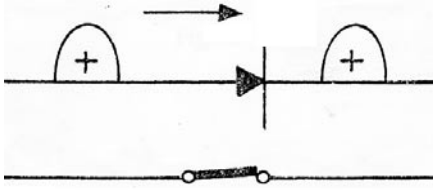
12.9.3 – Representação esquemática do funcionamento em CA



Quando é aplicada a um retificador uma diferença de potencial alternada, a tensão alternada varia, de positivo para negativo, 60 vezes por segundos. Se aplicarmos esta tensão alternada, que possui também uma corrente alternada, em um retificador, ora teremos corrente circulando, ora não. Como o retificador possui duas pastilhas, uma do tipo P e outra do tipo N, elas são identificadas no símbolo da seguinte forma:

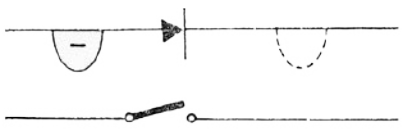


Quando ocorre o semiciclo positivo temos o seguinte:



Circulação de corrente pelo retificador. Aqui ocorre polarização direta.

Quando ocorre o semiciclo negativo, temos o seguinte:

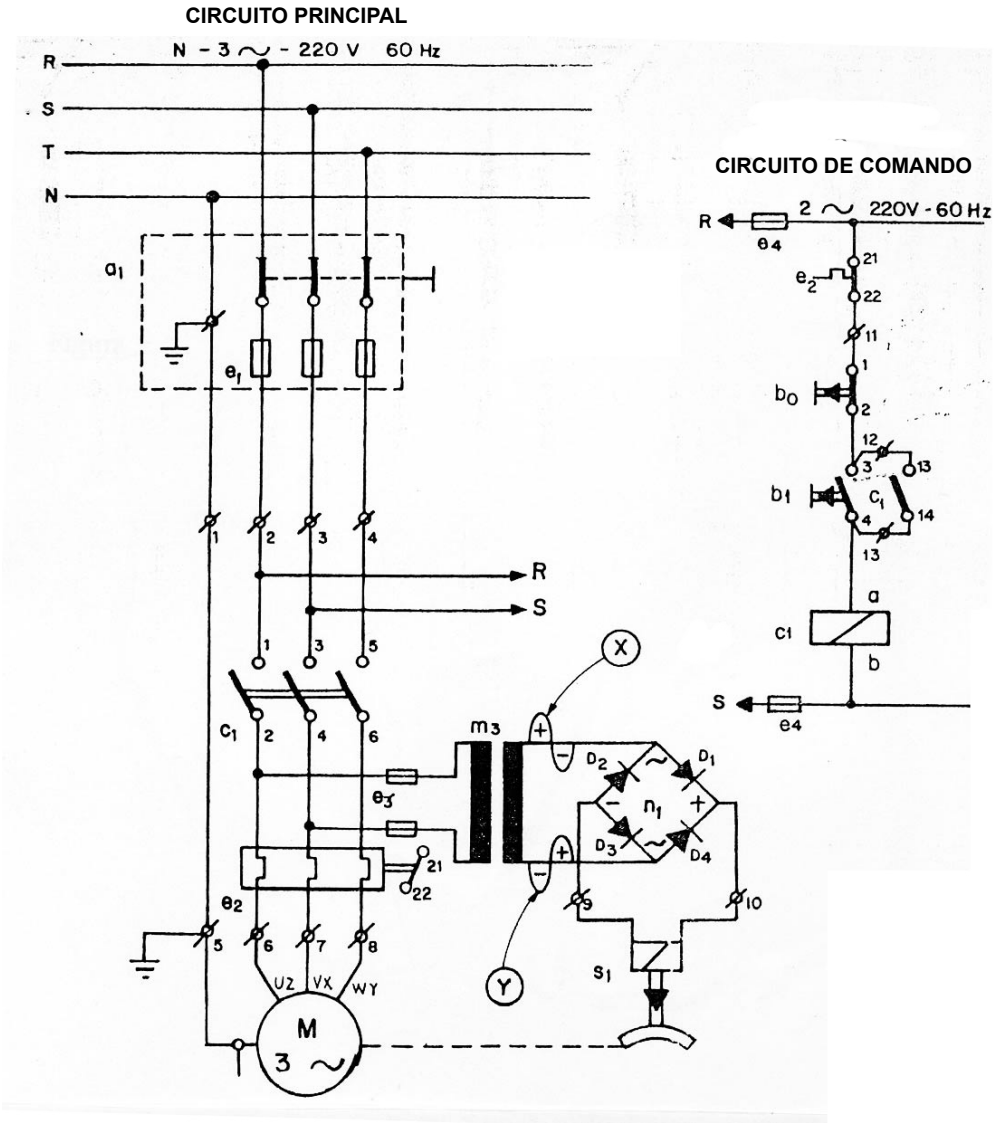


Não circula corrente pelo retificador. Aqui ocorre polarização inversa.

12.9.4 – Funcionamento dos retificadores através do diagrama do circuito elétrico com frenagem

12.9.4.1 – Acionamento da chave seccionadora do ramal trifásico

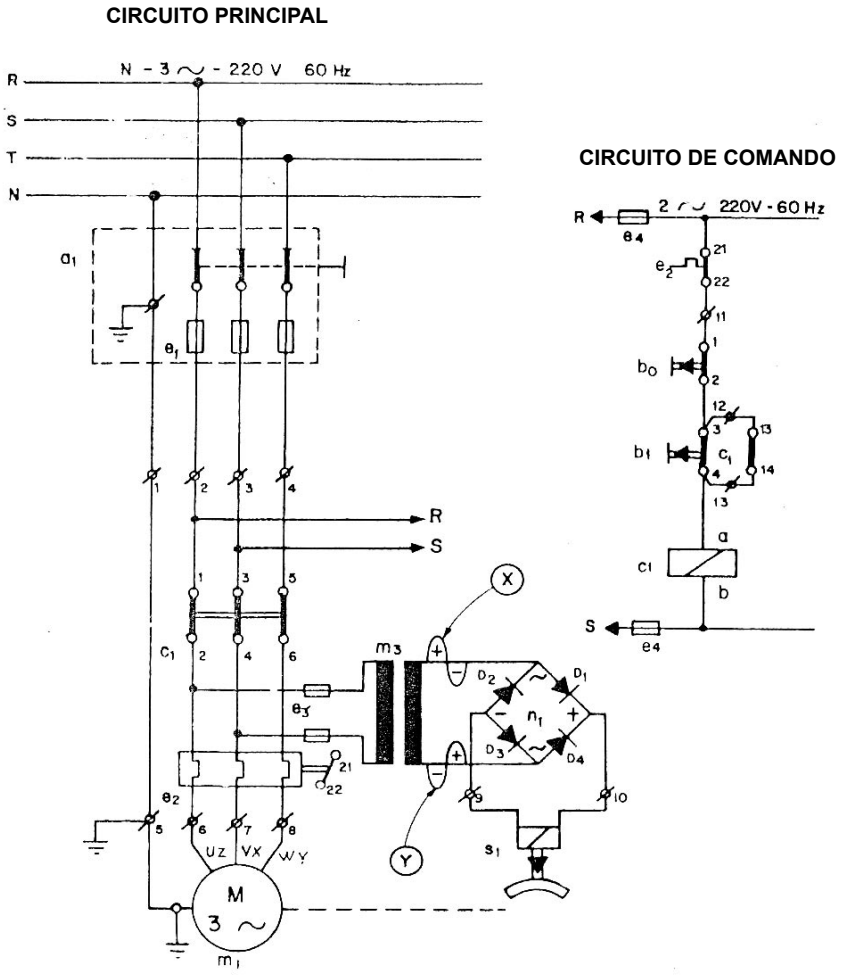
Estando a rede trifásica energizada com as fases R-S-T e a chave seccionadora ligada (fechada) no ramal trifásico, podemos observar, através do diagrama, que os bornes de entrada 1– 3– 5 do contator tripolar c_1, estão submetidos à tensão, como também os bornes 3 do botão b_1 e 13 do contato auxiliar do contator tripolar c_1. O motor m_1 continua parado e o sistema de retificação ainda não funciona: no diagrama do circuito principal abaixo, podemos ver que o botão b_1 (responsável pela ligação do circuito) não foi acionado. Em conseqüência, não há continuidade entre a rede de alimentação e o motor no circuito principal e entre a rede de alimentação e a bobina , no circuito de comando.

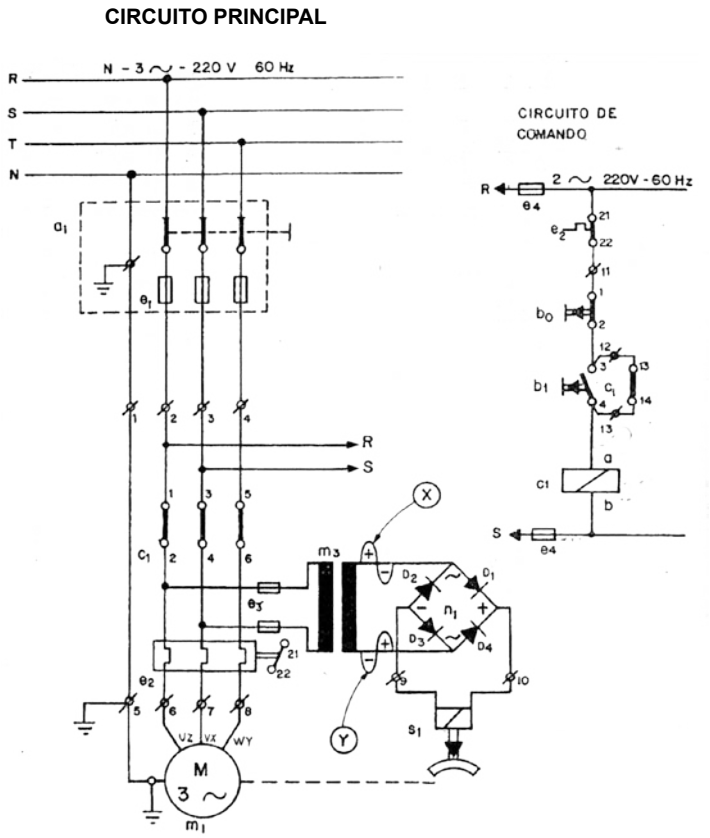


12.9.4.2 – Acionamento do botão b_1 para o arranque

Acionado o botão b_1(ver diagrama de comando), que tem seu borne 3 submetido à tensão, é energizada a bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ do contator tripolar c_1, que fica retida através de seu contato auxiliar $c_1 \begin{matrix} 13 \\ 14 \end{matrix}$. Nesse instante, no circuito principal, fecham-se os contatos principais do contator $c_1 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$, que permitem a energização do motor de indução trifásico m_1, provocando seu arranque. Ao mesmo tempo, é energizado também o transformador m_3, que alimentará o sistema de frenagem, através dos retificadores D1-D2-D3-D4.

O sistema de retificação opera da seguinte maneira: no mesmo instante que a senóide (X) tem um semiciclo positivo, a senóide (Y) terá um semiciclo negativo. O semiciclo positivo da senóide (X) será conduzido ao borne 10 através do retificador D1, que está polarizado diretamente. O semiciclo negativo da senóide (Y) será conduzido ao borne 9 através do retificador D3, que também está polarizado diretamente. Instantes depois, ocorre uma mudança de polaridade nas senóides (X) e (Y). A senóide (X) passa, agora, a ter um semiciclo negativo, que será conduzido ao borne 9 através do retificador D2, que está polarizado diretamente. A senóide (Y) passa, por sua vez, a ter um semiciclo positivo, que será conduzido ao borne 10 através do retificador D4, que está polarizado diretamente. Este processo retifica a corrente, ou melhor, transforma a CA em CC para que a bobina S1 possa funcionar, acionando desta forma o freio (veja o diagrama na página seguinte).



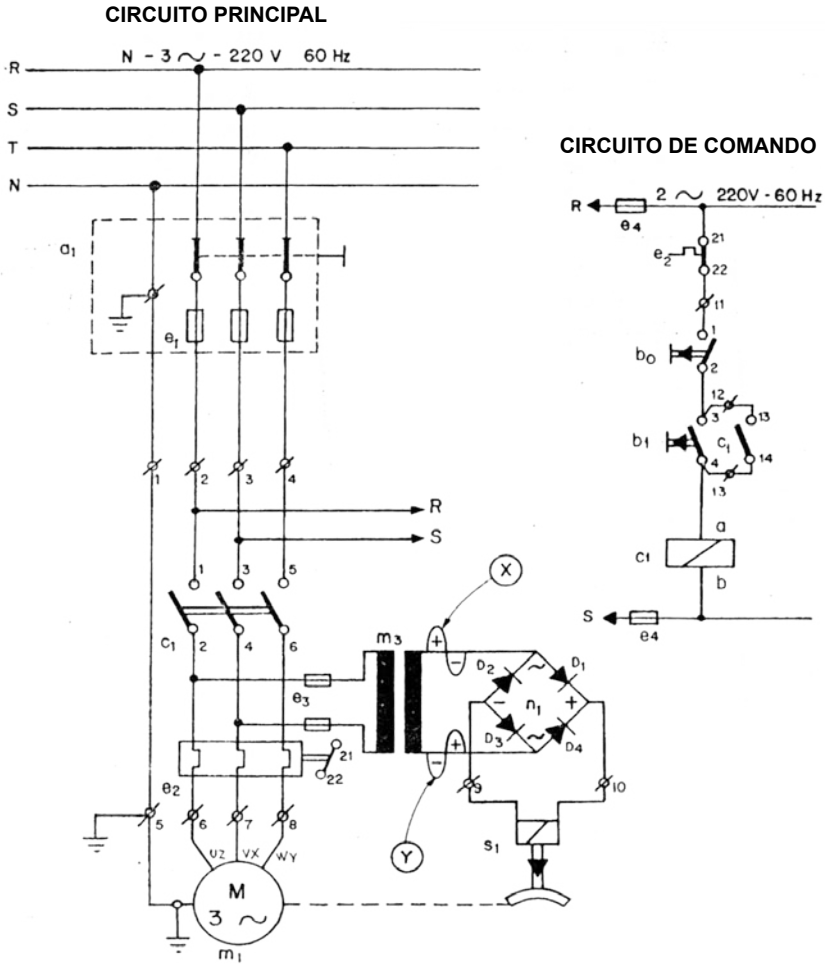


12.9.4.3 – Motor em funcionamento com botão b_1 solto

Apesar de o operador ter soltado o botão b_1, observe que o contato auxiliar $c_1 \begin{matrix} 13 \\ 14 \end{matrix}$ do contator c_1 está em paralelo com o botão b_1. Esse contato faz a retenção de sua própria bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ e, conseqüentemente, dos contatos principais $c_1 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$, que continuam alimentando o motor m_1 e o sistema de frenagem s_1.

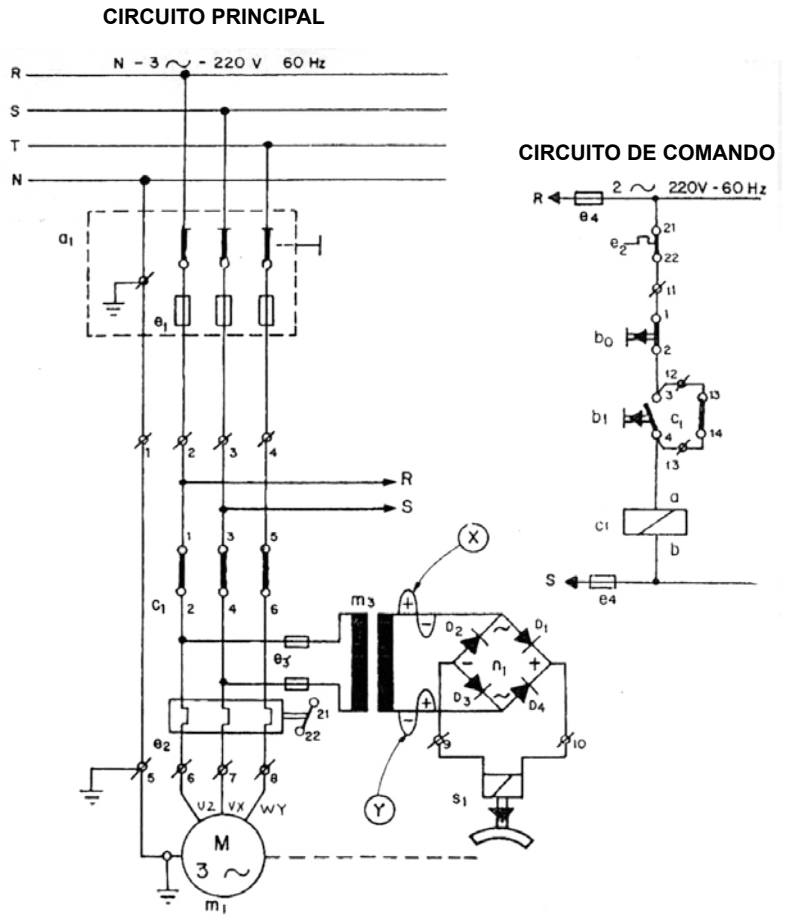
12.9.4.4 – Acionamento do botão b_0 para o desligamento

Para desligar o motor m_1 e o sistema de frenagem s_1 o operador aciona o botão b_0, interrompendo a alimentação da bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$ do circuito de comando, que entra em estado de repouso. Neste instante, a(s) mola(s) interruptora(s) do contator c_1 obriga(m) os contatos a retornarem à posição de repouso, fazendo com que estes se abram. Isto causa a interrupção da alimentação do motor m_1 e do sistema de ferragem s_1.



12.9.4.5 – Motor m_1 em funcionamento normal

Estando o motor m_1 e o sistema de frenagem s_1 em funcionamento normal, conforme diagramas abaixo, podemos notar que existe uma proteção contra curto-circuito: os fusíveis e_1 e e_3 no circuito principal e no circuito de frenagem. Existe também proteção contra sobrecarga: os elementos bimetálicos e o contato auxiliar do relé bimetálico e_3. Essas proteções garantem o funcionamento do motor m_1 e do sistema de frenagem s_1 do equipamento.



12.10 – Funcionamento elétrico e mecânico dos retificadores

Para saber se as condições de funcionamento dos retificadores estão adequadas, o eletricista precisa fazer uma inspeção nos mesmos. Inicialmente vejamos as condições de funcionamento do circuito elétrico.

12.10.1 – Condições de funcionamento elétrico dos retificadores

• Quanto à continuidade nos retificadores:

– a tensão de pico inversa não deverá ultrapassar os limites estabelecidos, em catálago, pelo fabricante;

– a corrente não deve ultrapassar os limites estabelecidos nos catálogos pelos fabricantes;

– quando os retificadores forem de potência, devem-se instalar dissipadores, para que haja uma boa dissipação do calor.

• Quanto ao isolamento:

– os terminais dos retificadores não deverão estar em contato com outras partes do circuito que não sejam o seu local de fixação.

12.10.2 – Condições de funcionamento mecânico

– Os dissipadores devem estar montados e instalados corretamente.

– Deve-se observar a solda dos terminais na placa.

– A fixação do invólucro ou corpo do retificador e a fixação das cordoalhas devem ser bem feitas.

12.10.3 – Condições ambientais

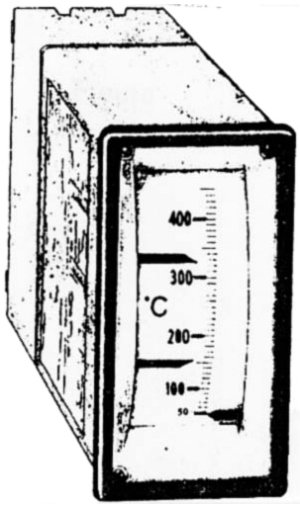
A temperatura ambiente deve ser levada em consideração e mantida dentro dos limites estabelecidos pelos fabricantes, para que o retificador trabalhe em condições normais.

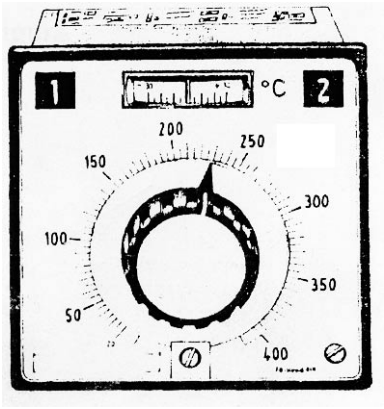
13 Controladores de Temperatura

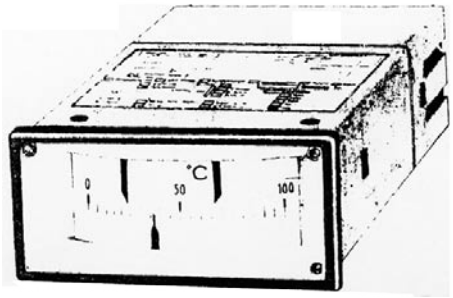
13 – Controladores de temperatura

13.1 – Conceito

Os controladores de temperatura são dispositivos elétricos/eletrônicos com elementos mecânicos capazes de medir, controlar e/ou sinalizar a temperatura em máquinas e equipamentos que necessitam deste tipo de controle, tais como: fornos industriais, injetoras, máquinas de extrusão, caldeiras, enfim, qualquer sistema que exija aquecimento e/ou resfriamento.





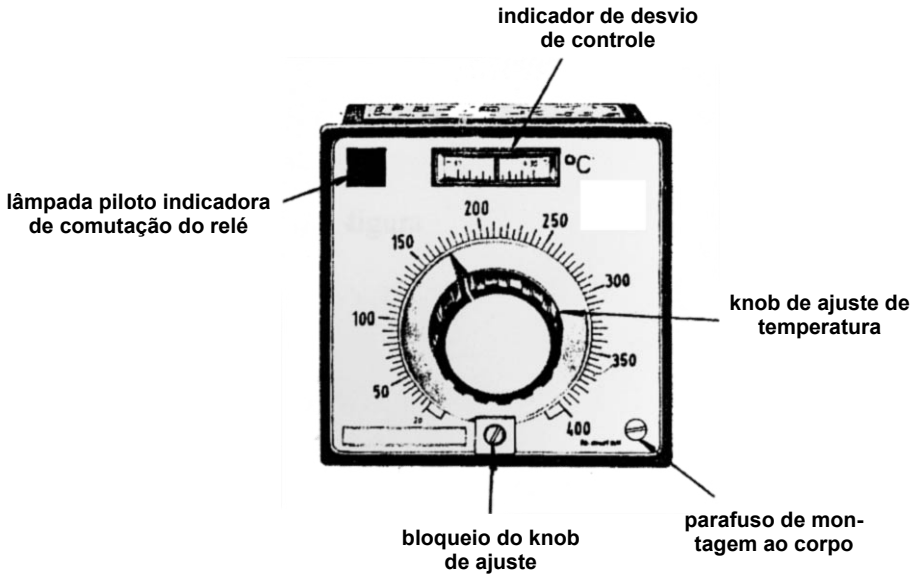


13.2 –Tipos

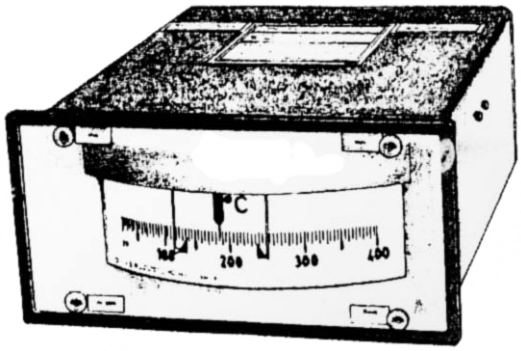
Por se tratar de um campo muito vasto e complexo de aplicação e montagens trataremos de apenas dois tipos de controladores de temperatura: o controlador eletrônico e o controlador com sistema bobina móvel.

13.2.1 – Controlador de temperatura eletrônico

É dispositivo de controle de temperatura que se utiliza de circuitos comparadores de sinais à base de componentes eletrônicos sólidos.



Os controladores de temperatura com circuito eletrônico são construídos com componentes eletrônicos de uso profissional, situados no campo de aplicações industriais, através dos quais são acionados o dispositivo sinalizador e/ou os dígitos e os contatos comutadores, que irão ligar ou desligar os circuitos de comando. Estes, por sua vez, controlarão a temperatura em projetos de máquinas e equipamentos.



13.2.2 – Controlador de temperatura com sistema bobina móvel

É dispositivo de controle de temperatura com indicadores galvanométricos, com ou sem controles eletrônicos de valores limites, para utilização em medições e controle de temperaturas.

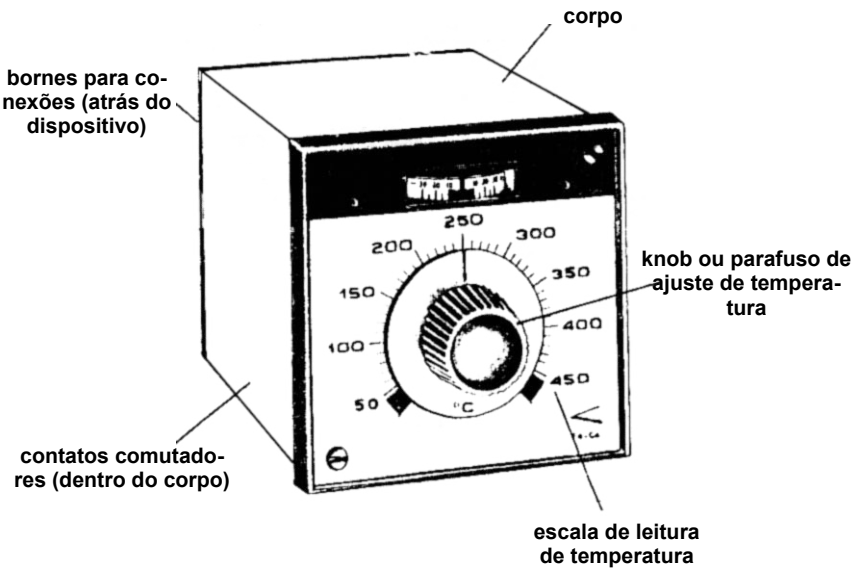
Os controladores de temperatura com circuito de bobina móvel funcionam por sistema galvanométrico. O eixo de sua bobina é apoiado por mancais ou fitas de suspensão e contra-pivô, ambos de alta precisão e que têm por finalidade:

– permitir a visualização da variação da temperatura através de ponteiro indicador, o qual é conectado ao eixo da bobina móvel.

– acionar, por meio de um anteparo de alumínio colocado na extremidade oposta ao suporte do ponteiro indicador, um circuito eletrônico que fará a comutação do relé.

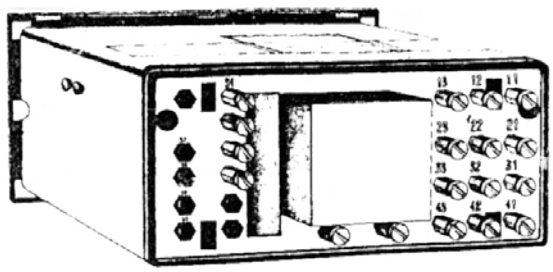
13.3 – Componentes básicos

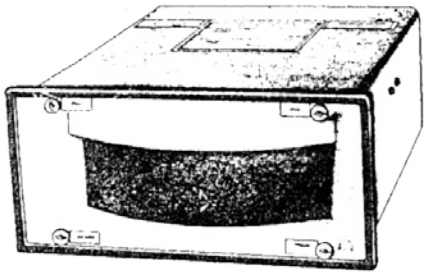
Os componentes básicos de um controlador de temperatura estão localizados na figura abaixo e serão descritos a seguir.



13.3.1 – Bornes para conexões

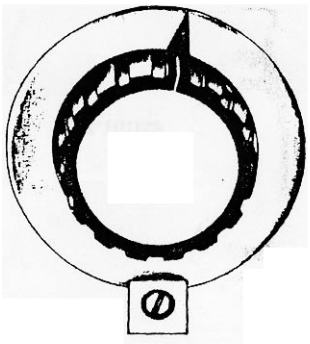
São componentes destinados à interligação do controlador de temperatura com os circuitos de alimentação do dispositivo, com o circuito dos sensores de temperatura e com o circuito de comando a serem controlados.





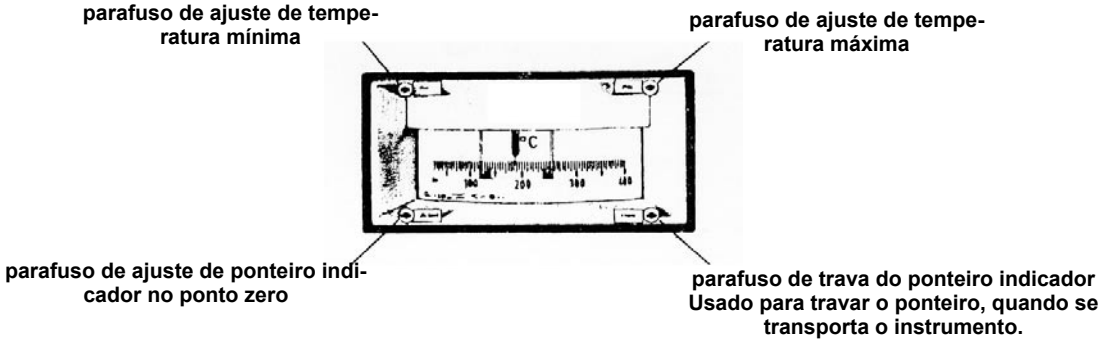
13.3.2 – Corpo

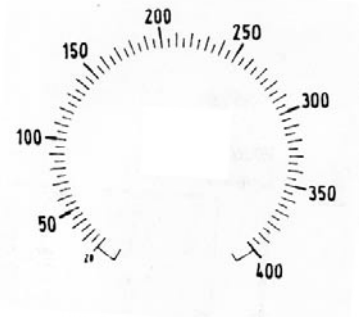
É a parte do dispositivo cuja finalidade é alojar todos os componentes do mesmo. Construído em chapa de aço virada e na cor cinza, possui sistema de fixação em painéis, por meio de parafusos e/ou suportes de fixação.



13.3.3 – Knob ou parafuso de ajuste de temperatura

É a peça, ou peças, que tem por finalidade realizar a pré-fixação de ajuste da temperatura. No controlador de bobina móvel podemos encontrar três ajustes: um, para temperatura mínima; um, para temperatura máxima e outro, para ajustar o ponteiro indicador de temperatura no ponto zero. Além desses, encontramos uma trava do ponteiro indicador, cuja finalidade é a de impedir a movimentação do mesmo durante o transporte do instrumento.



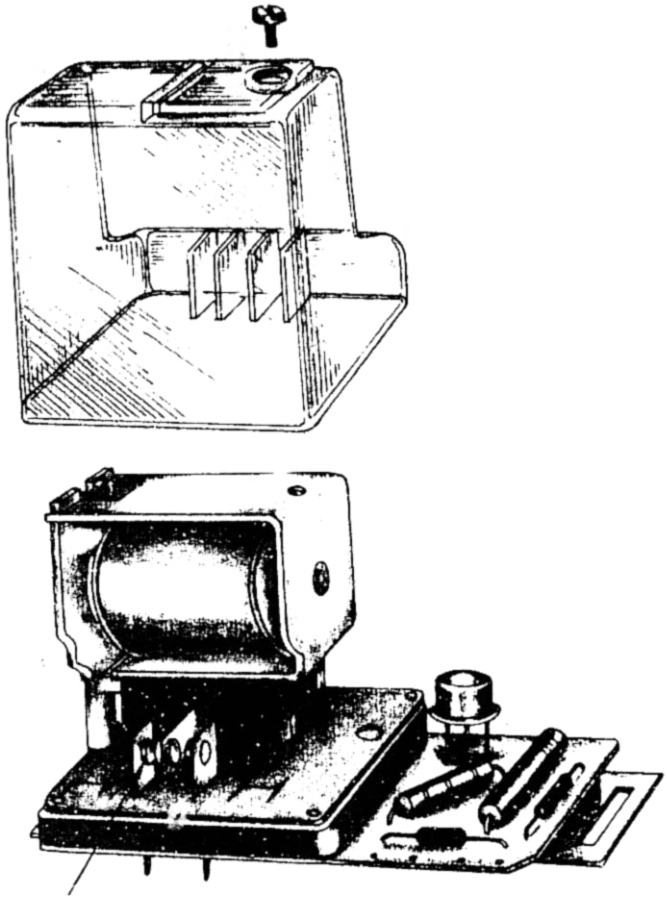


13.3.4 – Escala de leitura

É uma escala graduada em graus CELSIUS (ºC), através da qual podemos programar a temperatura necessária ao acionamento (ligação ou desligamento) de circuitos de comando. Normalmente é feita em chapa de latão na cor cinza, ou em plástico na cor branca.

13.3.5 – Contatos comutadores

São contatos auxiliares, que possuem um ponto comum de alimentação. São constituídos de um contato NA e um contato NF, estando ou não a bobina do elemento de acionamento energizada. A função desses contatos é ligar ou desligar os circuitos de comando.



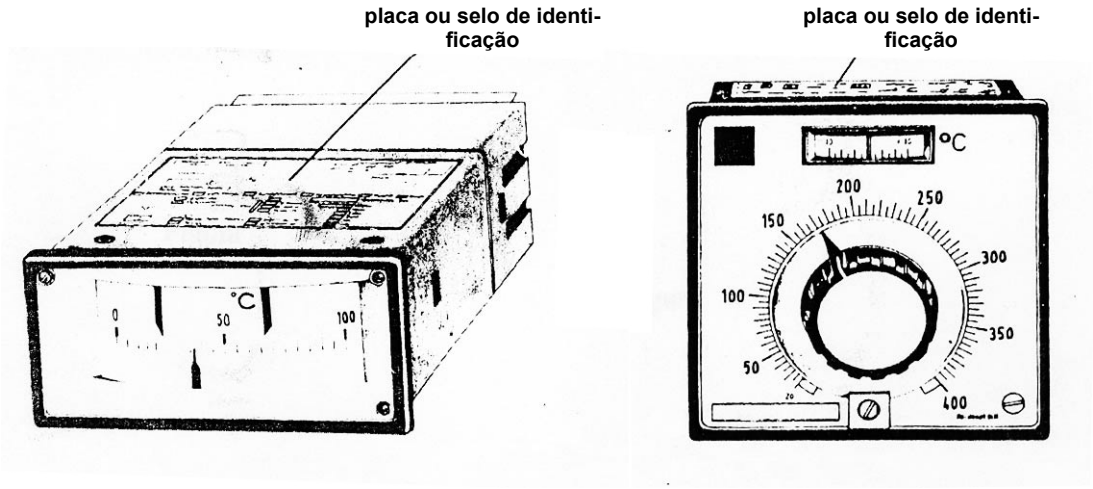
contatos comutadores

13.4 – Características elétricas

Os controladores de temperatura apresentam características elétricas relativas à tensão nominal, freqüência nominal, potência aparente, termorresistência ou termoelemento, potência máxima e tipo de sensor usado. Embora não sejam comuns aos dois tipos de dispositivo – eletrônico e de bobina móvel – existem outras características que se devem conhecer, para que o instrumento possa ser aplicado adequadamente.

De modo geral, essas características serão encontradas na placa ou selo de identificação do dispositivo, ou dispositivos em questão. Também poderão estar gravadas na escala de temperatura do instrumento, como é o caso, por exemplo, do controlador de temperatura com sistema bobina móvel.

Vejamos um exemplo:



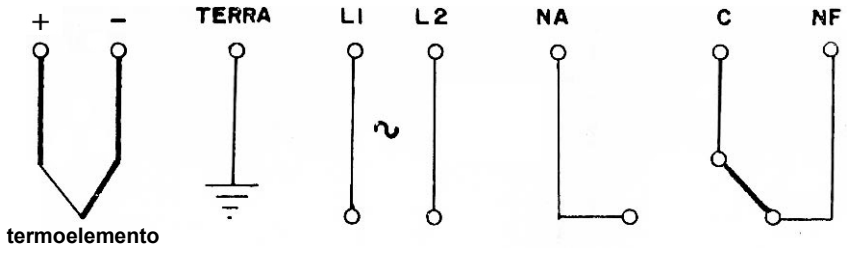
13.5 –Simbologia

Os controladores de temperatura, da mesma forma que os outros dispositivos elétricos, são representados nos diagramas ou esquemas elétricos, através de símbolos. No entanto, conforme se verá adiante, não existe uma simbologia específica e que possa ser considerada como padrão, para representação de controladores de temperatura em circuitos elétricos.

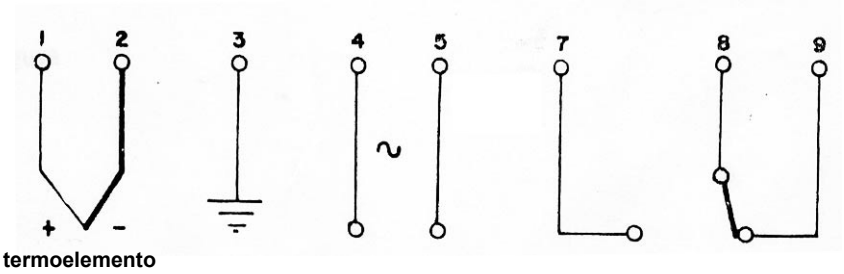
Serão descritos os tipos de representação mais comuns e que poderão ser encontrados com maior freqüência em sistemas que envolvam controle ou indicação de temperatura.

Os elementos básicos que aparecem na representação simbólica dos controladores de temperatura são: a termorresistência ou termoelemento, a ligação terra, as ligações de alimentação de linha e os contatos NA e NF.

Observe o símbolo abaixo procurando observar esses elementos.

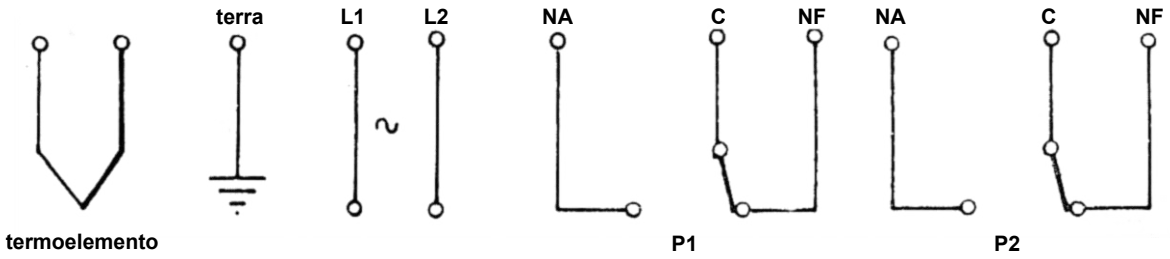


Esse símbolo identifica, em um diagrama elétrico, um controlador de temperatura com um ponto de controle. Esse controlador possui um contato comutador C_{NF}^{NA} Nessa representação os bornes são identificados por letras ou pelo próprio nome. Outra representação possível é aquela na qual utilizamos números para identificação dos bornes. Observe a figura abaixo, que representa o mesmo controlador anterior, com os bornes numerados.

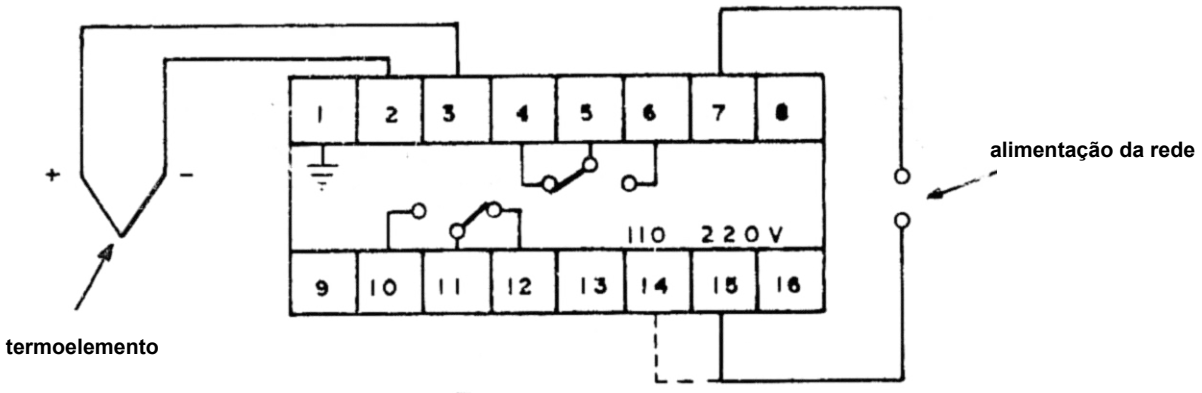


termoelemento

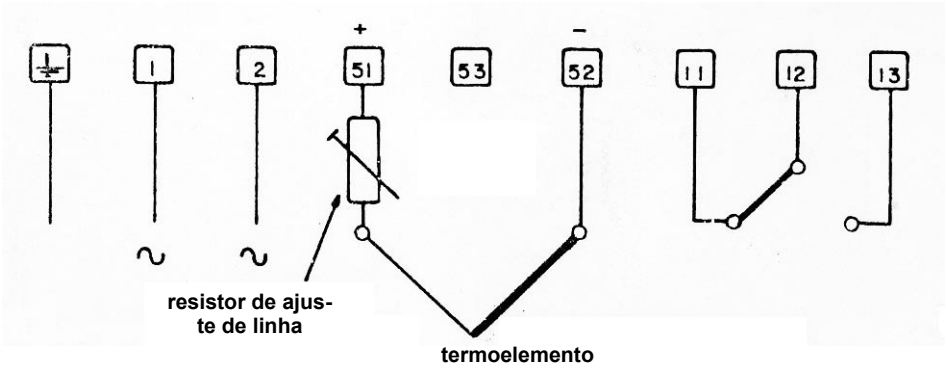
Quando o controlador possui dois pontos de controle deve possuir também dois contatos comutadores, nesse caso representados por C_{NF}^{NA} - P1 e P2. Veja a figura abaixo, mostrando essa representação.



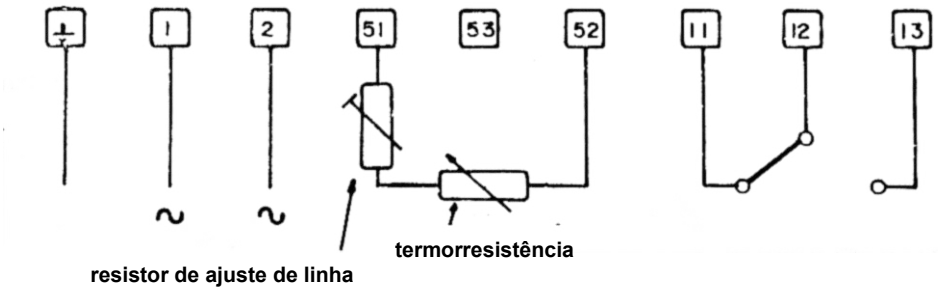
A figura seguinte mostra um outro controlador de dois pontos, com dois contatos comutadores, cujos bornes estão representados através de números, dentro de pequenos quadrados.



Na representação a seguir, também comum, podemos verificar que um outro elemento foi introduzido na ligação do termoelemento. Trata-se de um ajuste de resistência de linha. O resistor de ajuste de linha é um resistor variável (denominado potenciômetro), ligado em série com o sensor (termorresistência ou termoelemento) e cuja finalidade é a de ajustar a entrada de sinal do controlador para um valor ôhmico, igual à soma da resistência de linha mais a resistência do termoelemento ou termorresistência.



O resistor de ajuste de linha pode também ser ligado a uma termorresistência, com o mesmo objetivo citado anteriormente, conforme nos mostra a figura abaixo.

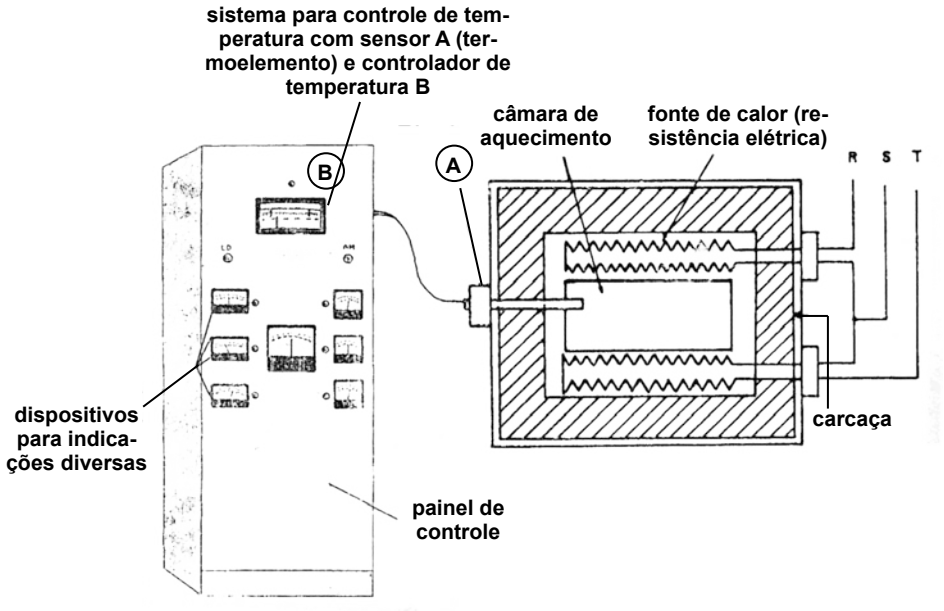


13.6 – Diagramas de forno elétrico

13.6.1 – Diagrama de disposição

Observe a figura a seguir. Ela representa o **diagrama de disposição** de um forno elétrico, para tratamento térmico.

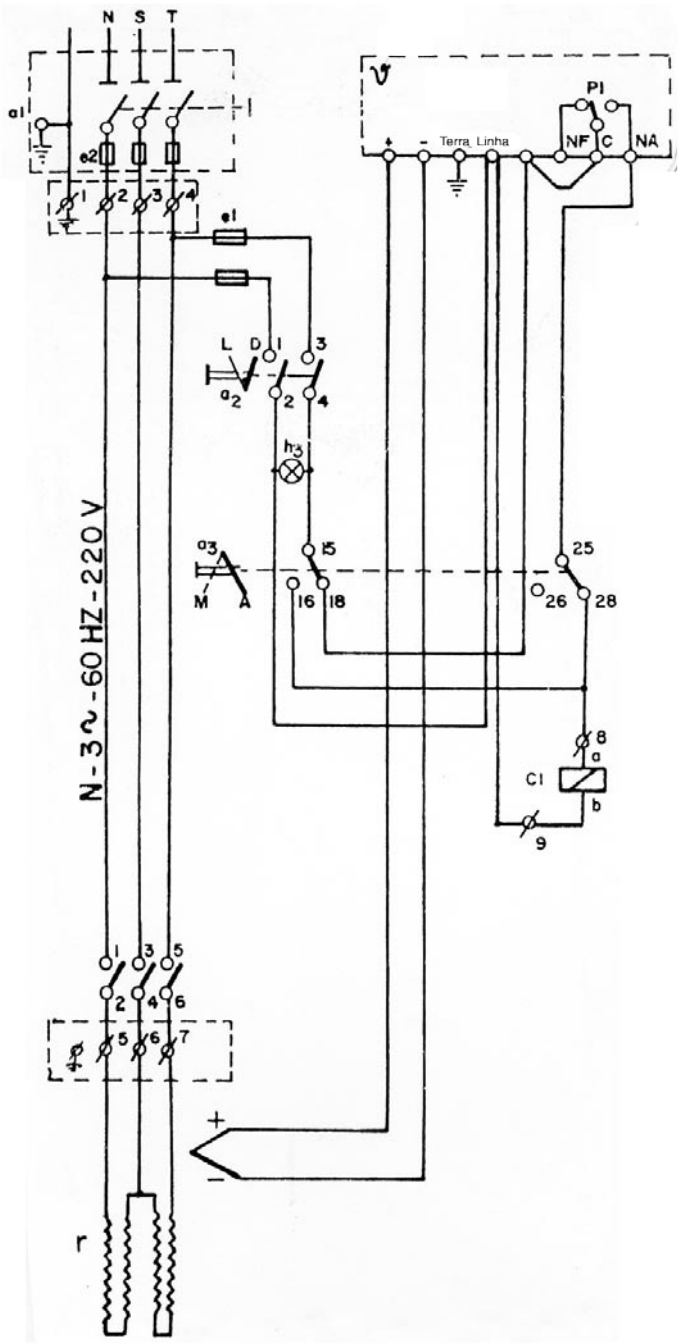
Estes fornos estão providos de um sistema de aquecimento elétrico incorporado à câmera, onde são colocadas as peças que vão ser aquecidas. São muito usados em oficinas de tratamentos térmicos, devido à facilidade de manejo, uniformidade de aquecimento, precisão nas temperaturas que se deseja alcançar e na manutenção constante das mesmas.



O diagrama de disposição e legenda dos diversos componentes do forno e painel de comando têm a função de indicar a localização desses componentes no local de trabalho. Muitas vezes, encontram-se, nos catálogos e manuais de fabricantes de máquinas e equipamentos, diagramas de disposição como esses, até mesmo mais detalhados. Fica claro, no entanto, que a existência ou não de tais diagramas nos catálogos e manuais fica a critério dos fabricantes.

13.6.2 – Diagrama do circuito elétrico

Nos diagramas do circuito elétrico principal e circuito de comando podemos verificar a colocação do controlador de temperatura representado por um dos seus símbolos. Esse é o diagrama do circuito que controla a temperatura do forno para tratamento térmico, através de um controlador de temperatura.



Legenda	
a_1	– Chave seccionadora
e_2	– Fusíveis do circuito principal
1,2,3,4	– Bornes para conexão
c_1 2-4-6 / 1-3-5	– Contatos principais do contator tripolar c_1
5,6,7	– Bornes para conexão
r	– Resistência para aquecimento do forno
e_1	– Fusíveis do circuito de comando do controlador de temperatura
a_2	– Chave interruptora do circuito de comando do controlador de temperatura
h_3	– Lâmpada de serviço para indicação do comando ligado
a_3	– Chave comutadora Posição A – Controle automático de temperatura Posição M –Controle manual de temperatura
ϑ	– Controlador de temperatura
C_1 a / b	– Bobina do contator tripolar C_1
8,9	– Bornes para conexão

14 Sensores de Proximidade

14 – Sensores de proximidade

14.1 – Conceito

O sensor de aproximação é um dispositivo que comuta um circuito elétrico, mediante a aproximação de um corpo, na frente de sua face sensível.

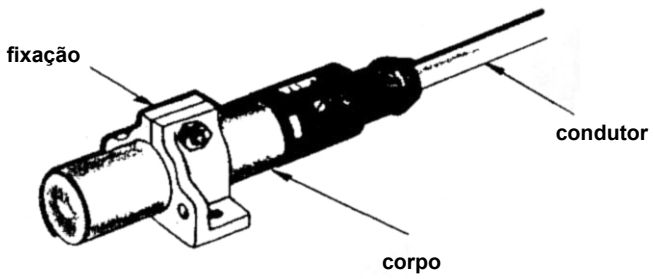
SENSOR DE APROXIMAÇÃO INDUTIVO

O sensor de aproximação indutivo é um dispositivo que comuta um circuito elétrico, quando aproximarmos de sua face sensível uma peça metálica.

SENSOR DE APROXIMAÇÃO CAPACITIVO

O sensor de aproximação capacitivo é um dispositivo que comuta um circuito elétrico, quando aproximamos de sua face sensível elementos metálicos, vidros, líquidos, granulados (condutores, ou não).

14.2 – Componentes



Os principais componentes dos sensores indutivos e capacitivos são: **corpo ou encapsulamento; elementos de fixação; condutor**.

14.2.1 – Corpo ou encapsulamento

É a parte que aloja todos os componentes eletrônicos do sensor de aproximação indutivo e capacitivo.

Existem sensores que possuem o corpo construído com PVC, ou plástico de alto impacto. Há sensores que possuem o corpo feito de tubo de latão zincado e cromatizado. Outros possuem seu corpo feito de tubo de polipropileno e alguns de tubo de alumínio anodizado. Há ainda corpos com formatos quadrados e retangulares. Os componentes eletrônicos desses sensores são impregnados em epóxi.

14.2.2 – Elementos de fixação

São os elementos destinados a fixar os sensores no seu local de trabalho. Normalmente são constituídos de duas porcas, ou uma braçadeira.

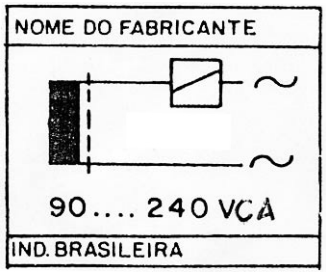
14.2.3 – Condutor

São os fios destinados a ligações do sensor com o relé auxiliar. Existem sensores com cabo de dois, três e até quatro condutores. A codificação de cores relacionadas com a função do condutor é característica determinada por cada fabricante, em seus catálogos.

14.3 – Características elétricas

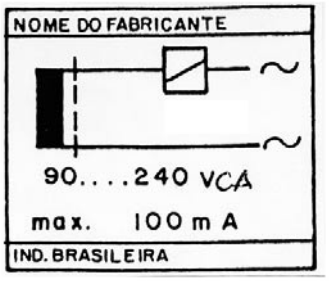
Além das características dos elementos que compõem os sensores, há ainda as características elétricas relativas à tensão nominal, corrente máxima em mA(miliamperes), tipo de contato e sensibilidade, que são as mais importantes na identificação do sensores. Cada uma delas será descrita separadamente, lembrando que a corrente máxima, a tensão nominal e o tipo de contato aparecem gravados no corpo ou encapsulamento dos sensores de aproximação, sendo que a sensibilidade pode ser encontrada nos catálogos dos fabricantes, de acordo com os códigos dos sensores.

14.3.1 – Tensão nominal



Nos sensores para serem usados em corrente contínua, a tensão nominal varia de 15 a 24VCC e nos sensores para serem usados em CA, a variação está compreendida entre 90 a 250VCA.

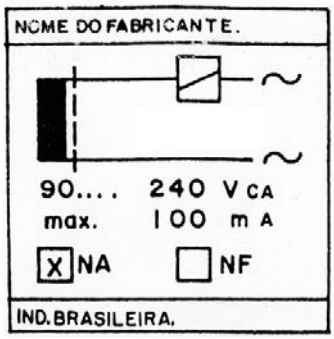
14.3.2 – Corrente nominal



É o valor máximo admissível de corrente, que os componentes eletrônicos internos suportam sem se danificar.

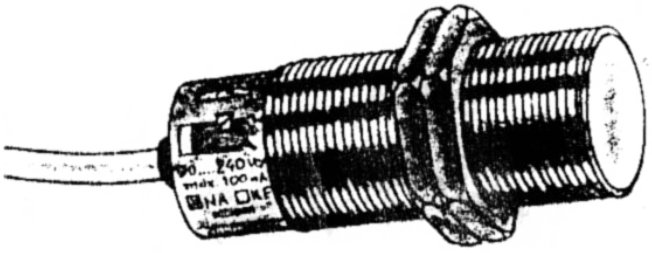
Aparece inscrita no selo de identificação, logo abaixo da tensão nominal. Os seus contatos são componentes que fazem parte dos chamados "semi-condutores", sendo utilizados os transistores para os sensores de corrente alternada.

14.3.3 – Tipo de contato



Quanto ao tipo de contato, os sensores podem ser somente NA e NF ou simultaneamente NA e NF. Os sensores não possuem contatos móveis, como um relé eletromecânico, por exemplo. Os seus contatos são componentes que fazem parte dos chamados "semi-condutores", sendo os transistores para os sensores de corrente contínua, e tiristores, para os de corrente alternada.

A figura ao lado mostra um sensor, destacando-se a sua placa de identificação, onde aparecem os elementos anteriormente descritos.



14.3.4 – Sensibilidade

A sensibilidade ou distância máxima em que atua o sensor é determinada aproximando-se da face sensível uma chapa quadrada de aço de 1mm de espessura e de lado igual ao diâmetro do sensor. Abrevia-se "Sn" e é dada em milímetros.

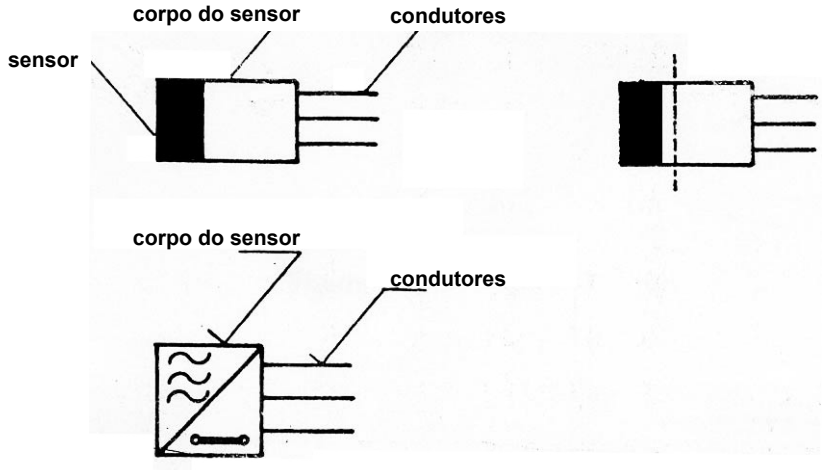
A sensibilidade de um sensor não é indicada nas placas ou selos de identificação dos mesmos, mas aparece nos catálogos e folhetos dos fabricantes, de acordo com os códigos de fabricação.

Existem sensores que possuem ainda em sua placa ou selo de identificação outros dados tais como: cores de fios, suas funções e tensão de isolamento.

14.4 – Símbolos de representação

Há símbolos adotados pelos fabricantes para representar os sensores de aproximação embora não haja, ainda, normalização nas representações utilizadas.

Os símbolos mais comumente utilizados são os que se indicam a seguir.



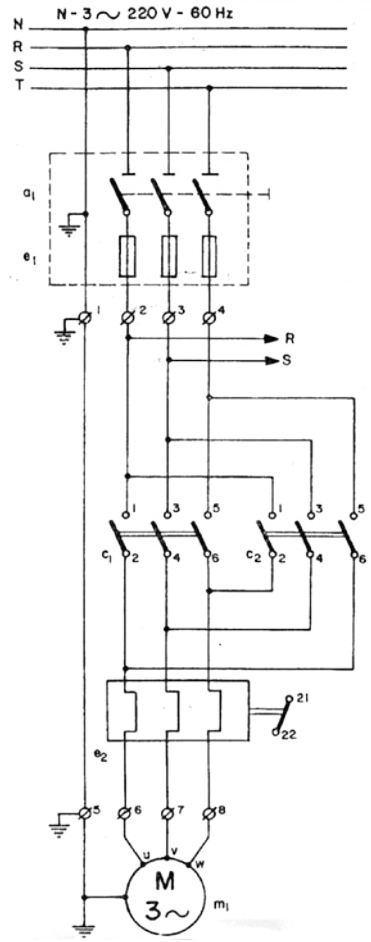
nota

É possível encontrarmos no mercado sensores com dois e quatro condutores, dependendo da aplicação a que se destinem.

14.5 – Diagramas

As figuras que se seguem nos mostram o diagrama do circuito elétrico principal e de comando de um circuito de reversão, usando sensores de aproximação como chave fim de curso.

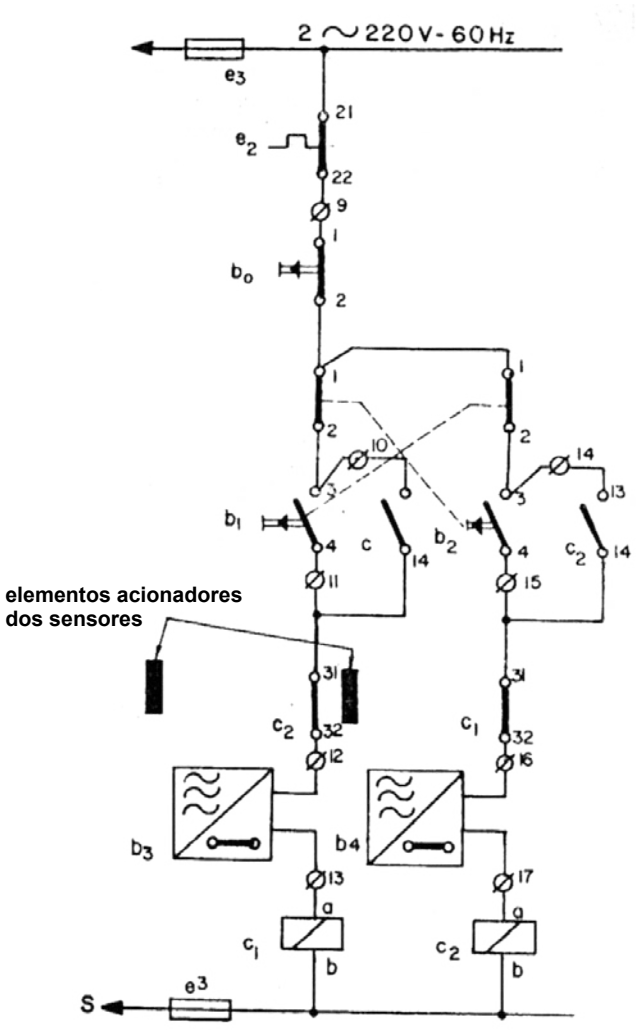
14.5.1 – Diagrama do circuito principal



CIRCUITO PRINCIPAL

a_1	–	Chave seccionadora tripolar
e_1	–	Fusíveis de proteção contra curto-circuito no circuito principal
1a8	–	Bornes para conexão no circuito principal
c_1	–	Contator tripolar c_1
c_2	–	Contator tripolar c_2
e_2	–	Elementos bimetálicos do relé de proteção contra sobrecarga no circuito principal
m_1	–	Motor de indução trifásico de rotor em curto-circuito

14.5.2 – Diagrama do circuito de comando



CIRCUITO DE COMANDO

e_3	–	Fusíveis de proteção contra curto-circuito no circuito de comando
$e_2\ ^{21}_{22}$	–	Contato auxiliar do relé bimetálico e_2
9a 7	–	Bornes para conexões no circuito de comando
b_0	–	Botão desliga
b_1	–	Botão liga sentido horário
b_2	–	Botão liga sentido anti-horário
$c_1\ ^{13}_{14}$	–	Contato auxiliar NA do contator tripolar c_1
$c_1\ ^{31}_{32}$	–	Contato auxiliar NF do contator tripolar c_1
b_3	–	Sensor de aproximação NF para bloqueio no sentido horário
$c_1\ ^{a}_{b}$	–	Bobina do contator tripolar c_1
$c_2\ ^{13}_{14}$	–	Contato auxiliar NA do contator tripolar c_2
$c_2\ ^{31}_{32}$	–	Contato auxiliar NF do contator tripolar c_2
b_4	–	Sensor de aproximação NF para bloqueio no sentido anti-horário
$c_2\ ^{a}_{b}$	–	Bobina do contator tripolar c_2

14.6 – Classificação

Os sensores de aproximação podem ser classificados segundo a forma de fixação, ou segundo suas ligações (com relé ou sem relé auxiliar).

14.6.1 – Quanto à forma de fixação

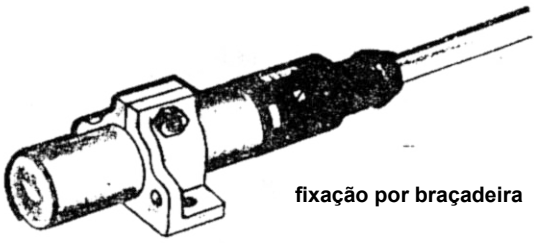
Quanto a essa característica, os sensores podem fixar-se:

1 – por braçadeira

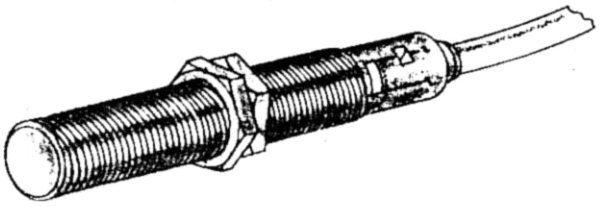
2 – por duas porcas

3 – por placa incorporada.

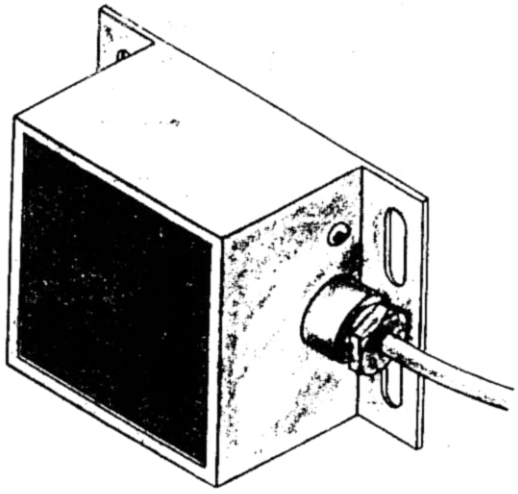
As figuras abaixo identificam esses três sistemas de fixação.



fixação por braçadeira



fixação por duas porcas



fixação por placa incorporada

14.6.2 – Quanto às ligações

Dependendo do uso ou não de relé de proximidade, os sensores podem ser:

1 – ligados com relé de proximidade capacitivo ou indutivo.

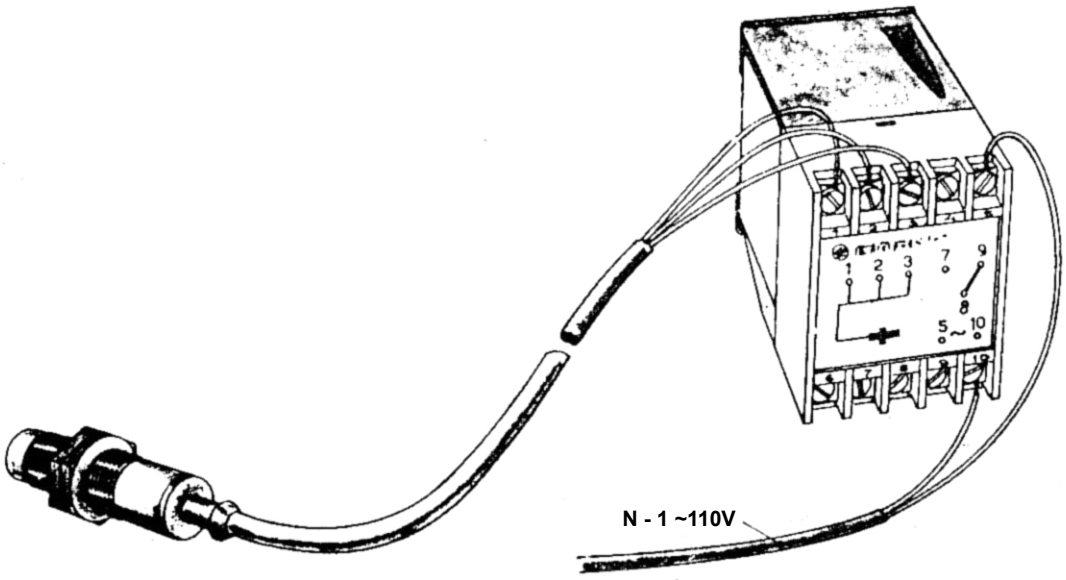
2 – ligados sem relé de proximidade capacitivo ou indutivo.

O relé de proximidade capacitivo ou indutivo possui a função básica de servir como fonte de alimentação para o sensor de aproximação. Devido ao fato de que os componentes usados nos sensores possuem baixa capacidade de

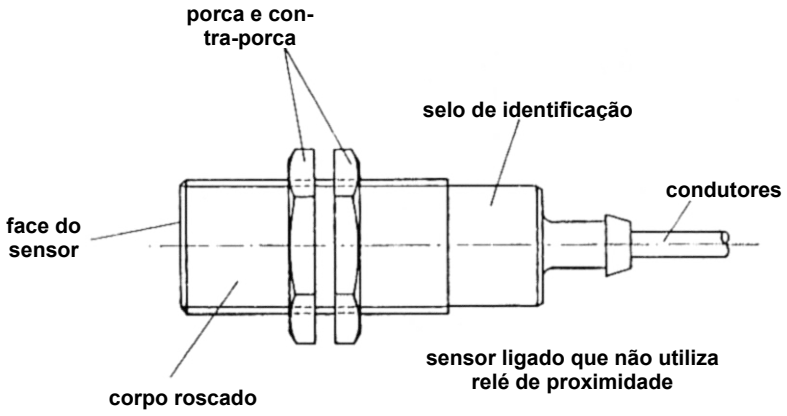
condução de corrente, alguns fabricantes julgaram necessário que a comutação de circuitos externos fosse feita por um outro relé que se encontra no interior do relé de proximidade e é acionado pela comutação, que é realizada no interior do sensor.

As figuras a seguir identificam os sensores utilizados com relé de proximidade e sem o relé.

Em qualquer dos casos relacionados à diferença de ligação, o elemento sensor tem o seu funcionamento basicamente igual.



sensor ligado que utiliza relé de proximidade



sensor ligado que não utiliza relé de proximidade

14.7 – Funcionamento

O sensor de aproximação possui, internamente, um oscilador construído com componentes eletrônicos, que são capazes de gerar um campo eletromagnético de alta freqüência. Quando são aproximados dessa região objetos metálicos (no caso de sensor indutivo), ou objetos metálicos ou não e condutores ou não, (no caso do sensor capacitivo), ocorrem alterações no campo eletromagnético do sensor e conseqüentemente o circuito eletrônico interno do mesmo é comutado.

Essa comutação provoca alterações nos circuitos controlados, quando o sensor for ligado diretamente a esses circuitos, ou provoca alterações no relé de proximidade (indutivo ou capacitivo), nos casos onde são utilizados sensores que necessitam desse relé.

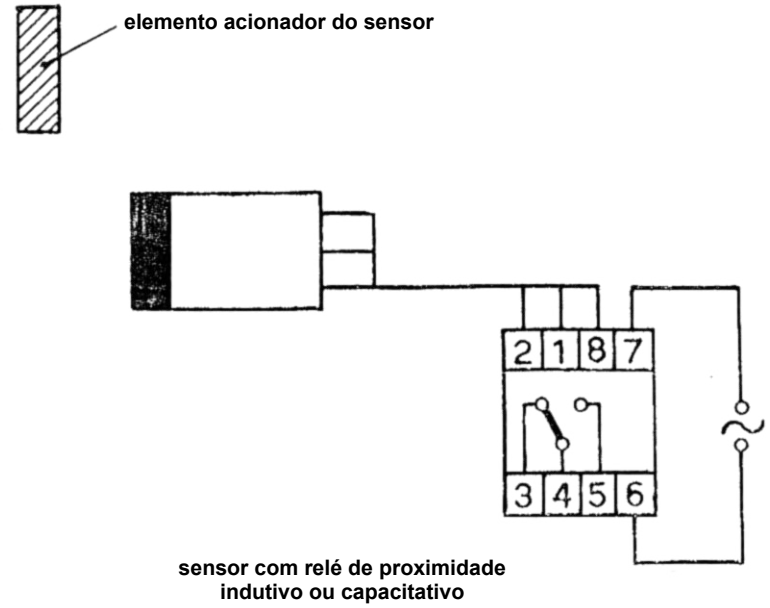
14.7.1 – Descrição do funcionamento do relé de proximidade indutivo ou capacitivo

Liga-se o sensor ao relé, observando-se rigorosamente a numeração dos fios (ou suas cores). Caso haja inversão, o mesmo não funcionará.

Ao ser energizado o relé, seus contatos permanecerão em repouso. Quando se aproxima da face do sensor um metal (no caso do sensor indutivo), ou qualquer outro material metálico ou não (no caso do sensor capacitivo) ocorrerá a comutação dos contatos do relé. Neste momento, o contato NF abre-se e o NA fecha-se. Ocorre o retorno à posição inicial, quando houver afastamento do corpo atuante, da face do sensor.

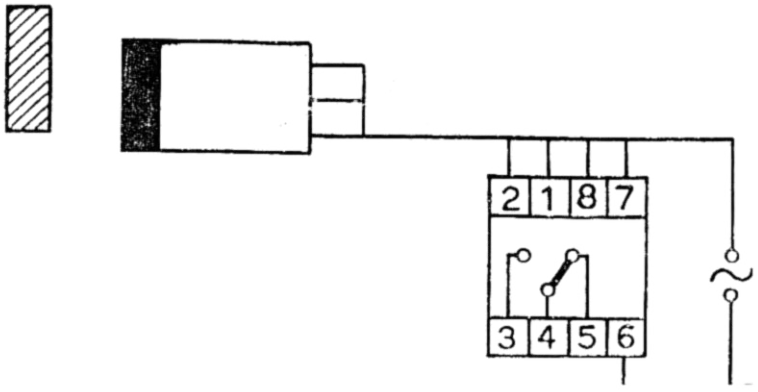
14.7.2 – Descrição do funcionamento dos sensores indutivo e capacitivo, através do símbolo, em cada posição de acionamento

De início, será observado o símbolo do sensor de proximidade, com relé de proximidade.



sensor com relé de proximidade indutivo ou capacitativo

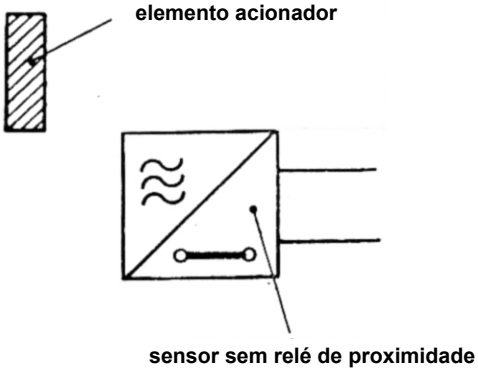
Na figura ao lado, o relé está energizado, porém os seus contatos NF 4-3 e NA 4-5 ainda não foram comutados, devido ao fato de que o elemento acionador do sensor de proximidade ainda não se aproximou suficientemente de sua face.



Nesta figura, o elemento acionador do sensor de proximidade já se aproximou o suficiente de sua face, para que ocorra, no relé de proximidade, a comutação de seus contatos passando o 4-3 a ser NA e o 4-5 a ser NF.

Em seguida, será descrito, através do símbolo, o funcionamento do sensor de proximidade, sem o relé de proximidade.

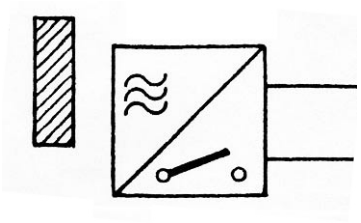
Observe a figura abaixo.



sensor sem relé de proximidade

O sensor tipo NF está diretamente conectado (ligado) ao circuito que deve ser controlado, mas ainda não ocorreu a comutação de seu contato porque o elemento acionador do sensor não se aproximou o suficiente de sua face.

Na figura a seguir, o sensor tipo NF está comutado, uma vez que o elemento acionador está em frente à sua face. Seu contato passa a ser, agora, NA.



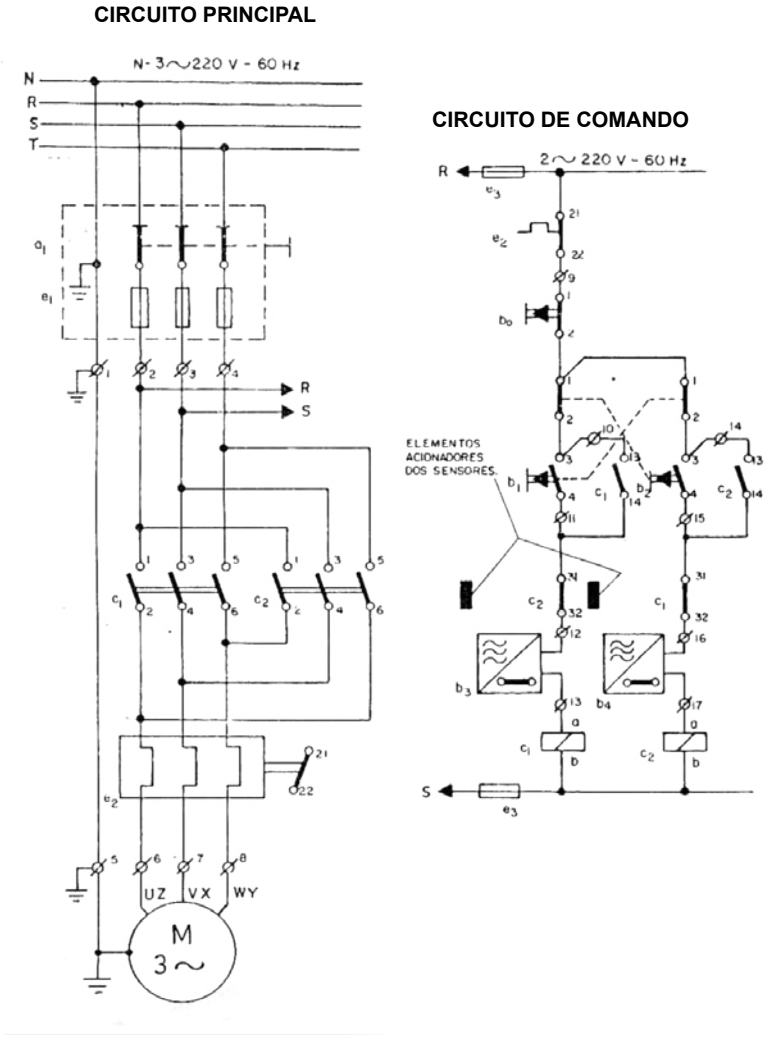
14.7.3 – Diagrama do circuito elétrico

Será apresentado, a seguir, o funcionamento dos sensores indutivo e capacitivo através do diagrama de circuito elétrico. Para isso, utilizaremos o circuito de movimentação da mesa de uma plaina para a direita e para a esquerda.

14.7.3.1 – Acionamento da chave seccionadora do ramal trifásico

Estando a rede energizada com as fases R-S-T e a chave seccionadora ligada (fechada), podemos observar no ramal trifásico que os bornes de entrada 1–3–5 do contator tripolar c_1 e os bornes de entrada 1–3–5 do contato c_2 estão submetidos à tensão, como também os bornes 3 dos botões b_1 e b_2 e os bornes 13 dos contatos auxiliares dos contatores tripolares c_1 e c_2.

O motor m_1, que movimenta a mesa da plaina, continua parado, porque nenhum dos botões b_1 ou b_2, responsáveis pela ligação do circuito, foi acionado. Em conseqüência disso, não há continuidade entre a rede



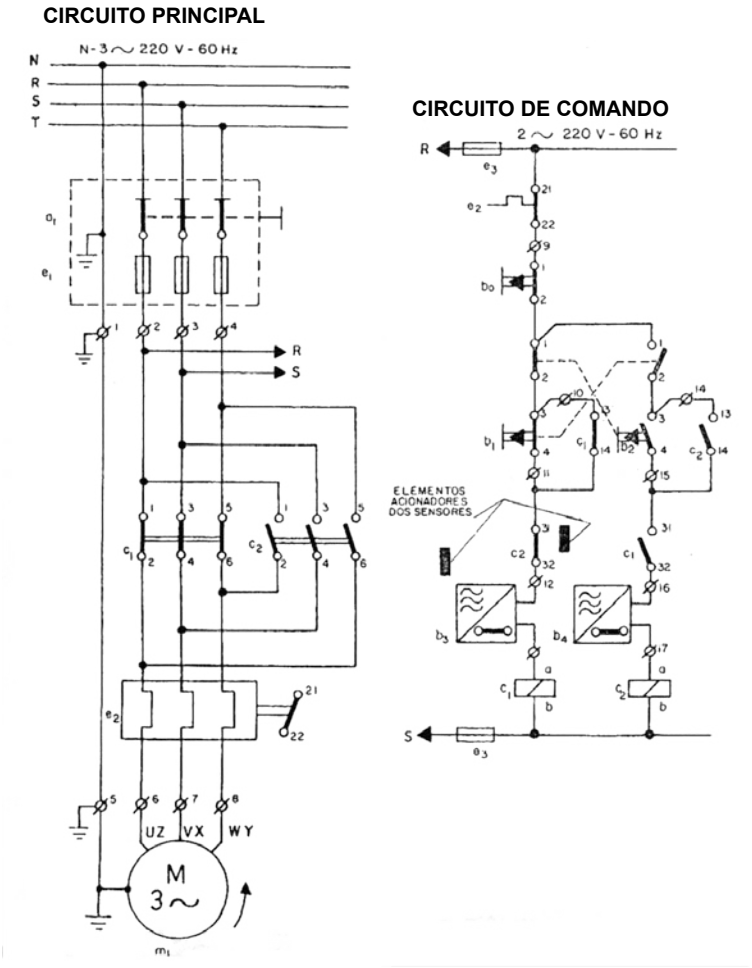
de alimentação e o motor m_1 no circuito principal e entre a rede de alimentação e as bobinas $c_1\,{}^{a}_{b}$ e $c_2\,{}^{a}_{b}$ no circuito de comando.

14.7.3.2 – Funcionamento do botão b_1 para o arranque, no sentido anti-horário

Após selecionado o lado de movimento da mesa, o operador aciona o botão b_1 para o arranque, no sentido anti-horário.

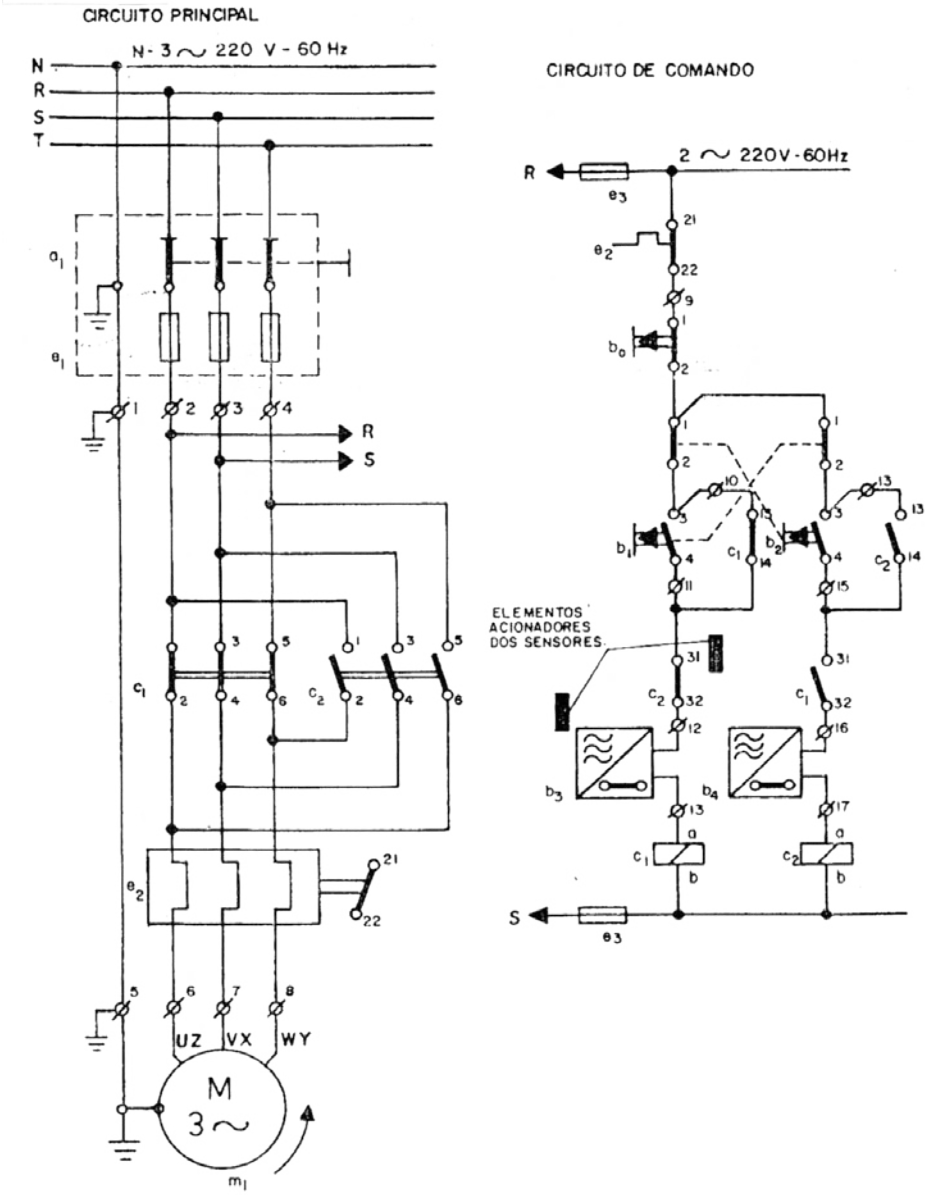
Ao ser acionado o botão b_1 (ver diagrama de comando), que tem seu borne 3 submetido à tensão, é energizada a bobina $c_1\,{}^{a}_{}$ do contator tripolar c_1, que fica retida através de seu contato auxiliar $c_1\,{}^{13}_{14}$. Nesse instante, no circuito principal, fecham-se os contatos principais do contator tripolar $c_1\,{}^{1\text{-}3\text{-}5}_{2\text{-}4\text{-}6}$ que energizam o motor m_1, fazendo com que este arranque girando no sentido anti-horário, o que levará a mesa para a esquerda.

Ainda neste momento, ocorre a abertura do contato $c_1\,{}^{31}_{32}$, que é o contato de intertravamento.



14.7.3.3 – Motor m_1 em funcionamento, com botão b_1 solto

Apesar de o operador ter soltado o botão b_1, observe, no circuito de comando, que o contato auxiliar $c_1 \begin{matrix}13\\14\end{matrix}$, do contator tripolar c_1 está em paralelo com o botão b_1. Esse contato faz a retenção de sua própria bobina $c_1 \begin{matrix}a\\b\end{matrix}$ e, conseqüentemente, dos contatos principais $c_1 \begin{matrix}1\text{-}3\text{-}5\\2\text{-}4\text{-}6\end{matrix}$, que continuam alimentando o motor m_1. A mesa continuará se deslocando para a esquerda.

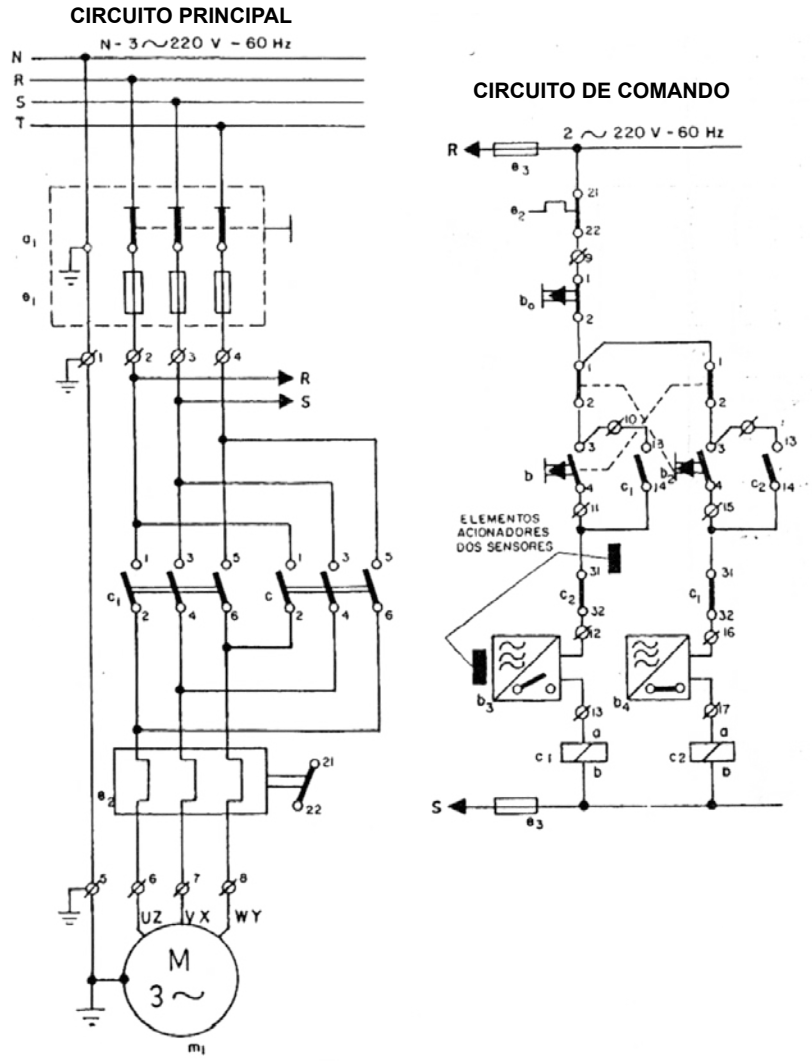


14.7.3.4 – Passagem do elemento acionador em frente à face do sensor b_3

A mesa continua se deslocando e o elemento acionador do sensor passa em frente à face do sensor de aproximação b_3.

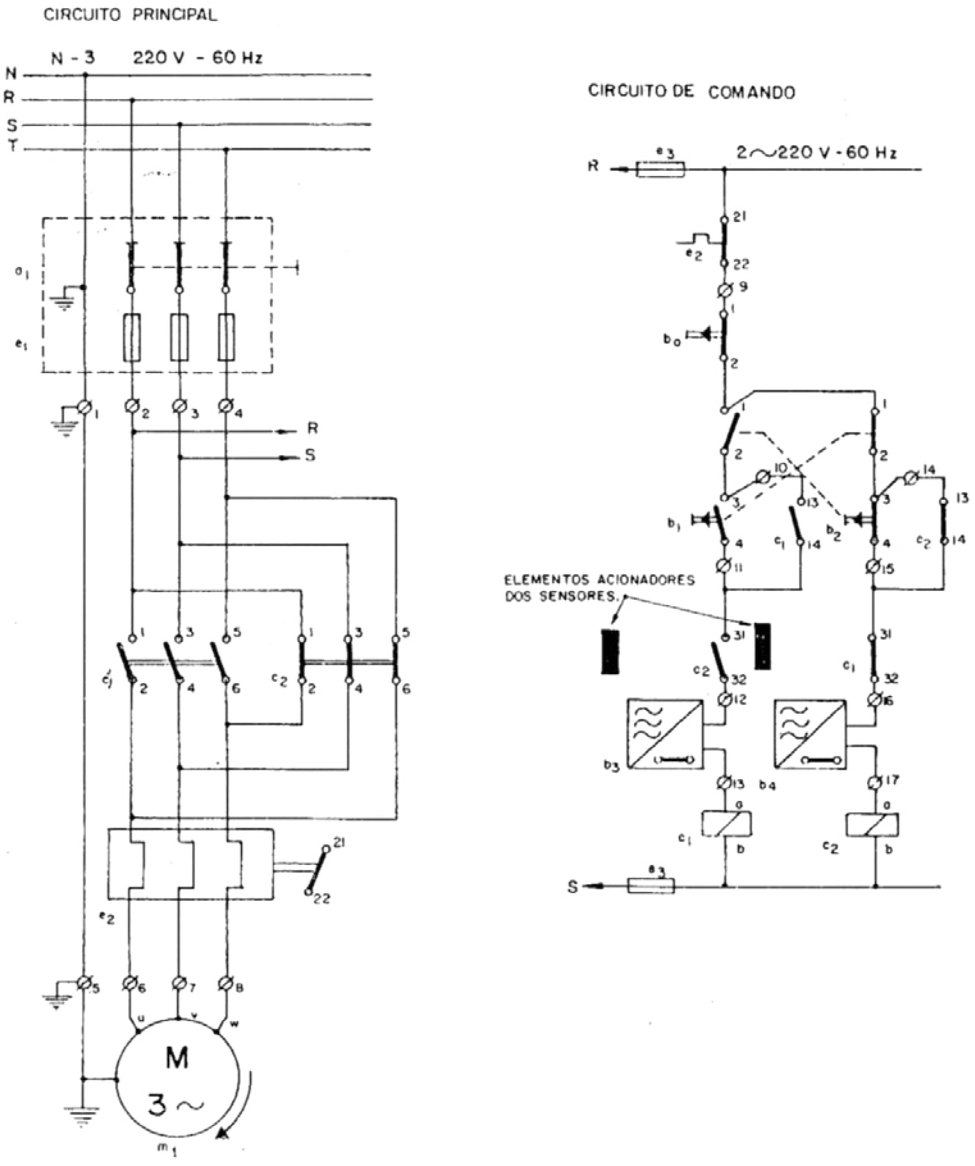
Com o deslocamento da mesa para o lado esquerdo, o elemento acionador, que é preso à mesma, também se desloca. Em um dado momento do movimento, esse acionador passa em frente à face do sensor de aproximação b_3, que, imediatamente, comuta seus contatos passando estes de NF a NA e permanecendo assim durante o tempo em que o acionador estiver em frente à face do sensor. Em conseqüência disso, ocorrerá a um só tempo:

– desligamento da bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$, que faz abrir no circuito principal, os contatos $c_1 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$ do contator tripolar c_1, parando desta forma o motor m_1 e, conseqüentemente, interrompendo o movimento da mesa para a esquerda.



14.7.3.5 – Acionamento do botão b_2, para deslocamento da mesa em direção ao extremo oposto

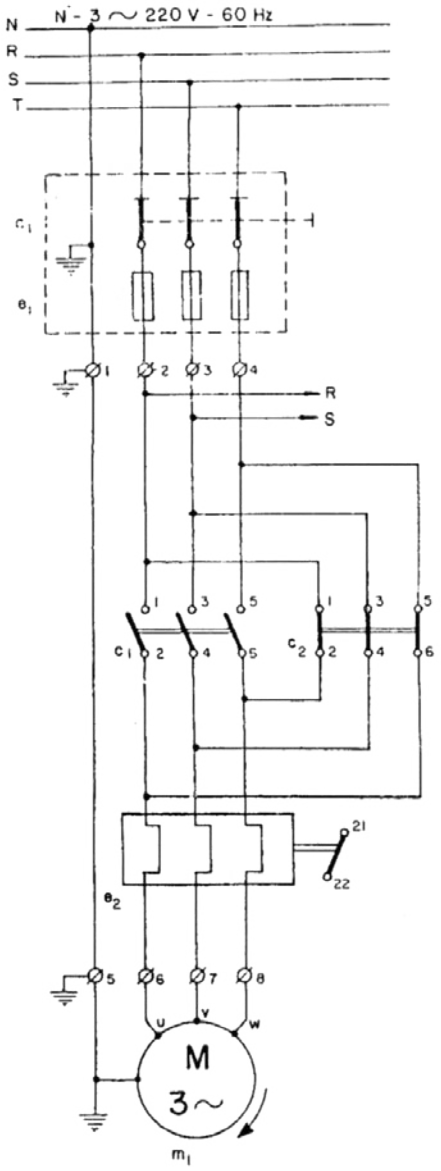
Ao ser acionado o botão b_2 (ver diagrama de comando), que tem seu borne submetido à tensão, é energizada a bobina $c_2{}^{a}_{b}$ do contator tripolar c_2, que fica retida através de seu contato auxiliar $c_2{}^{13}_{14}$. Nesse instante, no circuito principal, fecham-se os contatos principais do contator tripolar $c_2{}^{1\text{-}3\text{-}5}_{2\text{-}4\text{-}6}$ que energizam o motor m_1, fazendo com que este arranque, girando agora no sentido horário, o que fará com que a mesa se desloque para a direita. Nesse instante, ocorre ainda a abertura do contato $c_2{}^{31}_{32}$, que é contato de intertravamento.



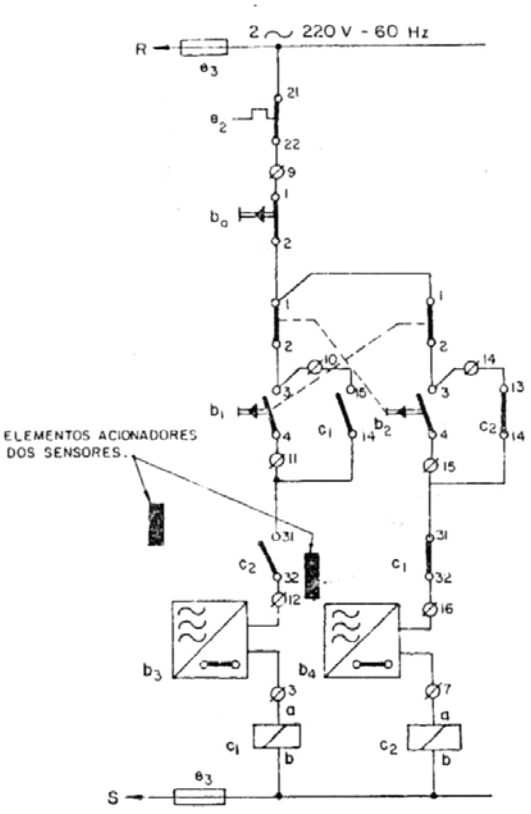
14.7.3.6 – Motor em funcionamento, com o botão b_2 solto

Apesar de o operador ter soltado o botão b_2, observe, no circuito de comando, que o contato auxiliar $c_2\,^{13}_{14}$ do contator c_2 está em paralelo com o botão b_2. Esse contato faz a retenção de sua própria bobina $c_2\,^{a}_{b}$ e, conseqüentemente, dos contatos $c_2\,^{1\text{-}3\text{-}5}_{2\text{-}4\text{-}6}$, que continuam alimentando o motor m_1. A mesa continuará se deslocando para a direita.

CIRCUITO PRINCIPAL



CIRCUITO DE COMANDO

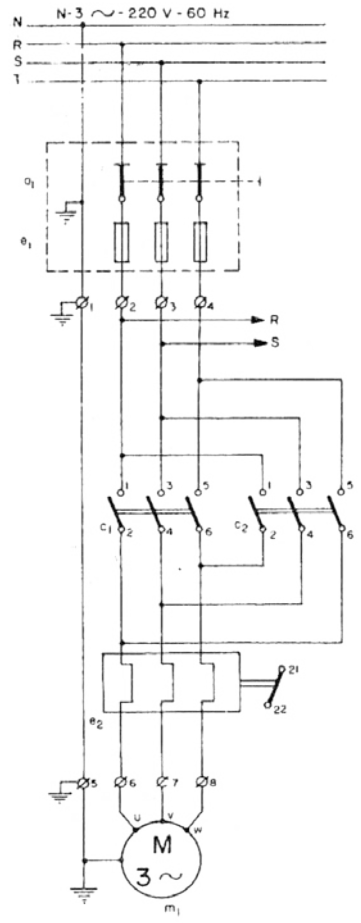


14.7.3.7 – Passagem do elemento acionador em frente à face do sensor b_4

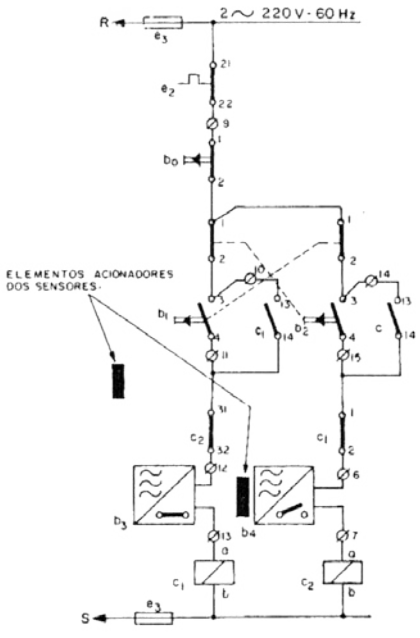
A mesa continua se deslocando e o elemento acionador passa em frente à face do sensor de aproximação b_4.

Com o deslocamento da mesa para o lado esquerdo, o acionador que é preso à mesma também se desloca. Em um dado momento, o elemento acionador passa em frente à face do sensor de aproximação b_4, que imediatamente comuta seu contato, passando este de NF para NA, assim permanecendo durante o tempo em que o acionador estiver em frente à face do sensor. Em conseqüência disto, ocorrerá a um só tempo: – desligamento da bobina $c_1 \begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$, que fará abrir, no circuito principal, os contatos $c_2 \begin{matrix} 1\text{-}3\text{-}5 \\ 2\text{-}4\text{-}6 \end{matrix}$ do contator tripolar c_2, parando, desta forma, o motor m_1 e, conseqüentemente, interrompendo o movimento da mesa para a direita. O retorno da mesa só se dará mediante o acionamento do botão b_1.

CIRCUITO PRINCIPAL



CIRCUITO DE COMANDO

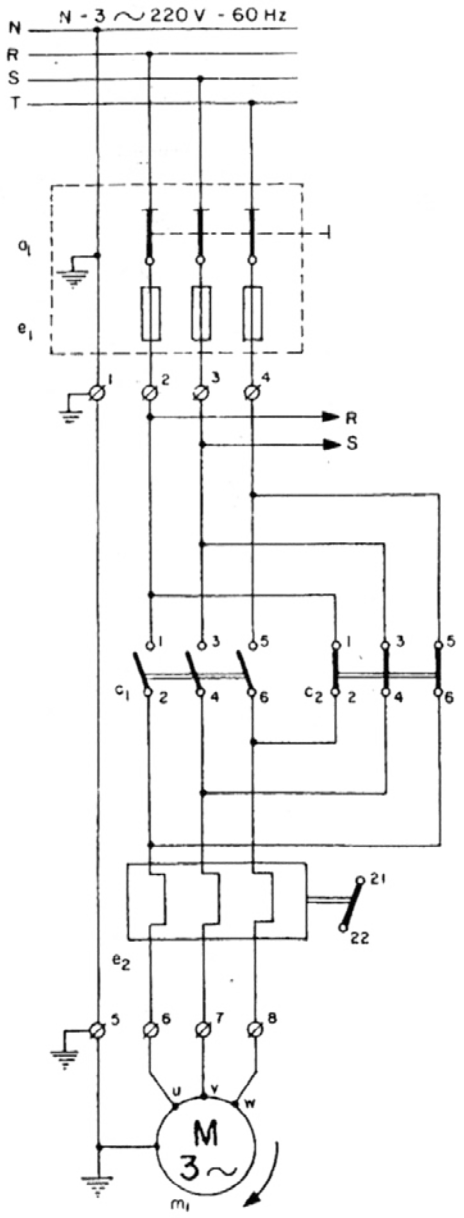


14.7.3.8 – Motor m_1 em funcionamento normal, para qualquer um dos sentidos (como exemplo, o sentido horário)

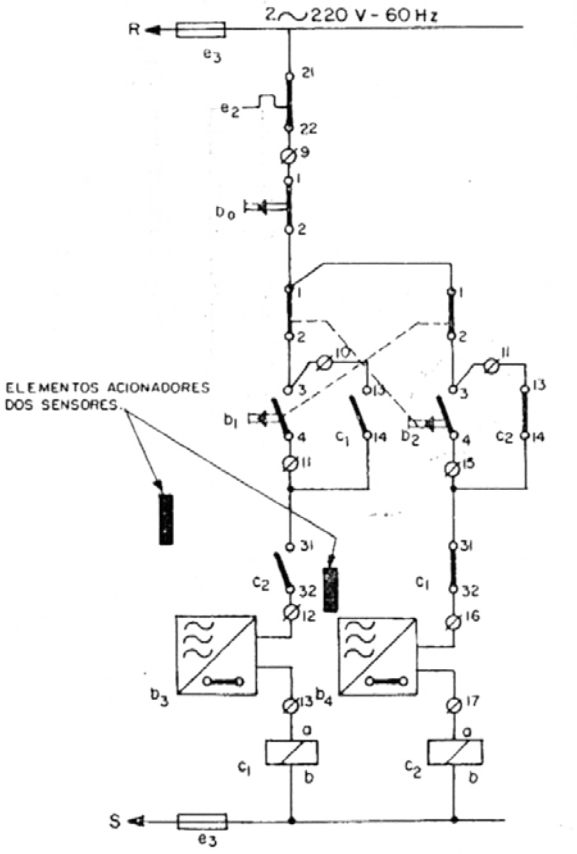
Estando o motor m_1 em funcionamento normal, conforme diagramas abaixo, podemos notar que existe uma proteção contra sobrecarga: os elementos bimetálicos e o contato auxiliar do relé bimetálico e_2, garantindo, assim, o funcionamento do motor m_1 e do equipamento.

O motor m_1 poderá também ser desligado a qualquer momento, à vontade do operador, através do botão b_0.

CIRCUITO PRINCIPAL



CIRCUITO DE COMANDO



Bibliografia

Eletricidade de manutenção do Departamento Nacional do SENAI 1980, 1981, 1982 e 1983

Módulos:

1. Fusíveis de baixa tensão
2. Rede e ramal trifásico de baixa tensão
3. Motor de indução trifásico
4. Dispositivo para frenagem de motores trifásicos
5. Dispositivo para controle de temperatura
6. Sensores de aproximação capacitivo e indutivo
7. Chave auxiliar tipo fim de curso de comando elétrico
8. Botões de comando elétrico
9. Contatores tripolar e auxiliar
10. Relé para proteção em baixa tensão
11. Relé de tempo para comando elétrico
12. Chave seccionadora tripolar de baixa tensão
13. Chave reversora tripolar de comando manual
14. Chave estrela-triângulo de comando manual
15. Chave comutadora de pólos de comando manual
16. Reostato e resistores de partida rotórica
17. Retificadores
18. Instalação de motor trifásico comandado por chave reversora manual
19. Instalação de chave magnética para partida estrela-triângulo de motor trifásico

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12523/1992. Símbolos Gráficos.

FIRJAN
CIRJ
SESI
SENAI
IEL

FIRJAN

Federação das Indústrias
do Estado do Rio de Janeiro

SENAI

Serviço Nacional de Aprendizagem
Industrial do Rio de Janeiro

Av. Graça Aranha, 1 – Centro
Rio de Janeiro – RJ
CEP: 20030-002
Tel.: (0xx21) 2563-4526

Central de Atendimento: 0800-231231